

# ARMIERTER BETON.

1918. Februar.

## INHALT

Ausgeführte Lehrgerüstkonstruktionen für Bogen und Balkenbrücken. Von Oberingenieur O. Muy der A. G. Wayß & Freytag in Neustadt a. d. Hdt. S. 21.  
Querschnittsbemessungstafel exzentrisch beanspruchter Querschnitte. (Eine Erweiterung ihres Anwendungsgebietes.) Von Dr.-Ing. Richard Rossig. (Schluß von S. 13.) S. 28.

Tabellen zur Querschnittsfestsetzung bei exzentrisch belasteten Eisenbetonkörpern. Von Dr.-Ing. W. Kunze (Dresden). S. 31.

Literaturschau. Bearbeitet von Dr.-Ing. W. Kunze (Dresden). S. 38.

## AUSGEFÜHRTE LEHRGERÜSTKONSTRUKTIONEN FÜR BOGEN UND BALKENBRÜCKEN.

Von Oberingenieur O. Muy der A. G. Wayß & Freytag in Neustadt a. d. Hdt.

(Nachdruck verboten.)

Zu den schwierigsten aber auch dankbarsten Aufgaben der Baupraxis gehören Entwurf und Ausführung der Lehrgerüste, soweit sie für den Bau steinerner und betonierter Brücken oder weitrager Hochbaukonstruktionen benötigt werden. Es ist der Zweck dieses Aufsatzes, an Hand mustergültiger Beispiele, die vom Verfasser entworfen und ausgeführt wurden, in knapper, übersichtlicher Weise die zweckmäßige Anordnung zu zeigen und die allgemeinen konstruktiven Grundsätze festzulegen. Die zahlreich beigegebenen Einzelheiten der wichtigsten Knotenpunkte, wie sie auch für die Ausführung der Gerüste besonders herausgetragen wurden, sind hierbei von ganz besonderem Werte.

Ehe zur Beschreibung der einzelnen Beispiele übergegangen wird, sollen einige allgemeine Gesichtspunkte für den Entwurf aufgestellt werden.

Die Mauer- bzw. Betonlasten sind möglichst direkt als Druckkräfte in Streben und Pfosten weiterzuleiten. Biegungskonstruktionen sind nach Möglichkeit zu vermeiden. Es wird hierdurch eine der Hauptforderungen des Gerüstbaues erfüllt, daß die Zusammendrückung bzw. Formänderung des Gerüsts auf das geringste Maß beschränkt bleibt.

Besonders wichtig ist die Abstützung der Pfosten oder der Stoß zwischen Pfosten und Schwelle. Bei jedem eingezogenen Querholz muß sicherheitshalber nachgerechnet werden, welche Druckspannung senkrecht zur Holzfaser vorhanden ist. Als zulässiges Maß für Nadelhölzer sind 15–20 kg/cm<sup>2</sup> anzunehmen. Wird diese Grenze überschritten, so sind zur Druckverminderung zwischen Stempel und Schwelle Querlagen aus U-Eisen oder aus Hartholz (Buchen- und Eichenholz) vorzusehen, deren rechnungsmäßige Mindestlänge sich aus der obigen zulässigen Holzbeanspruchung ergibt. Bei gleich bleibenden Kosten sind U-Eisen vorzuziehen, da die Pfosten ohne Zapfen und mit durchgehender Schnittfläche ver-

setzt werden können, wodurch die Querschnittsfläche keine Schwächung erleidet.

Das Hartholz darf senkrecht zur Faser bis zu 40 kg/cm<sup>2</sup> beansprucht werden. Herr Prof. Dr. Mörsch stellte anlässlich des Neubaus der von der Wayß & Freytag A. G. erbauten Grünwaldbrücke Druckversuche mit Tannen- und Buchenholz an, welche die nachstehend verzeichneten Beanspruchungen und Eindrückungen quer zur Faser ergaben.

### Tannenholz

Druck 10 kg/cm <sup>2</sup>	Einpressung 0 mm
" 13 "	" 0 "
" 20 "	" 0,5 "
" 30 "	" 2,0 "
" 40 "	" 3,50 Abreißen der Faser
" 50 "	vollst. Bruch

### Buchenholz

Druck 20 kg/cm <sup>2</sup>	Einpressung 0 mm
" 30 "	" 0,2 "
" 40 "	" 0,50 "
" 50 "	" 0,70 "
" 60 "	" 1,00 "
" 70 "	" 1,75 "
Beginn des Abscherens	
" 80 "	Einpressung 3,00 mm
" 90 "	" 5,20 "
" 100 "	" 8,70 "
Zerstörung	

Da man jede unnötige Eindrückung, von Stempel- in Langholz vermeiden soll, sind die Pfostenfüße überall da, wo sie auf Fels oder Betonuntersätze zu stehen kommen, direkt auf diese zu versetzen und zum Zwecke eines satten Aufsitzens mit Zementmörtel zu untergießen.

Die Zusammendrückung der Gerüste findet namentlich in den Verbindungsstellen statt. Auf deren Durchbildung muß daher große Sorgfalt ver-

wendet werden, um diese nachteilige Bewegung auf das geringste Maß zu beschränken. Es ist auch zweckmäßig, die Anzahl der Verbindungsstellen in vertikalem Sinne nach Möglichkeit gering zu halten und daher lange, doch noch gut handhabbare Hölzer zu verwenden. Die Druckpfosten setzt man in den Stoßstellen scharfschnittig aufeinander und sichert sie gegen seitliches Ausweichen durch starke Holz- oder U-Eisenlaschen. Durch Einlagen von dünnen Blechplatten in den Schnittstellen kann weiterhin — speziell bei mehrmaliger Verwendung des Gerüsts — dem Einpressen bzw. Verbeißen der Hölzer vorgebeugt werden.

Es ist für eine ausreichende solide Versteifung der Rüstung mit Hilfe von Zangen, Kreuzen und Diagonalen in Längs- und Querrichtung zu sorgen. Die Kreuze und Diagonalen werden sowohl in vertikaler Richtung als auch horizontal in den einzelnen Konstruktionsetagen vorgesehen, sodaß eine in sich geschlossene feste Konstruktion gegen Knick- und Windgefahr vorhanden ist. Die Abmessungen dieser Konstruktionsglieder lassen sich im allgemeinen rechnerisch nicht feststellen, sondern werden denjenigen der tragenden Hauptglieder angepaßt. Die richtige und notwendige Anordnung der Verstreben ist aber von großer Wichtigkeit und Fehler und Leichtsinns hierin beim Aufbau der Gerüste haben bis in die neueste Zeit hinein — hauptsächlich beim Hallenbau — so manchen Einsturz verschuldet. Es ist daher richtiger, für den Knickverband lieber etwas zu viel als zu wenig zu tun.

Die vorteilhafteste Entfernung der Brücken-Lehrbögen richtet sich nach der Stärke des Gewölbes und bewegt sich im allgemeinen zwischen 1,00 und 2,00 m. Als beliebtes und zweckmäßiges Maß gilt 1,50 m. Für die Gewölbeschalung werden je nach der sich ergebenden Berechnung starke Dielen oder Rahmenschkel verwendet.

Die Lehrgerüste müssen zum Zwecke der Ausrüstung mit Absenkvorrichtungen versehen sein, die bei gewölbten Brücken am besten in den Stützpunkten unmittelbar unter den Langschwellen des Obergerüsts aufgestellt werden. Für kleinere Gerüste werden Hartholz-Doppelkeile verwendet, deren Abmessungen so zu wählen sind, daß die Beanspruchung in den Druckflächen  $10\text{--}15\text{ kg/cm}^2$  beträgt, damit die Keilreibung nicht zu groß wird. Die Neigung der Keilflächen soll 15 bis höchstens  $20^\circ$  betragen, um beim Ausrüsten die Gerüstsenkung nicht zu plötzlich zu bewirken.

Für schwerere Gerüstkonstruktionen kommen Schraubenspindeln und Sandtöpfe in Betracht. Letztere verdienen vor ersteren den Vorzug wegen der größeren Stabilität und leichteren Bedienung beim Ablassen. Ein nachträgliches Heben des fertigen Gerüsts kann bei guter Ausführung immer unterbleiben. Die Sandtöpfe werden mit feinem getrockneten Sande gefüllt. Der obere

Stempelrand wird zur Verhütung des Wassereintrittes mit Asphalt vergossen. Bei den nachfolgenden Gerüstaussführungen sind durchweg Sandtöpfe verwendet worden. Als weitere Verbesserung der letzteren und wohl als beste Absenkvorrichtung ist der Nestlesche Sandtopf anzusehen, bei dem an Stelle der unteren Schraubentöpfe ein drehbarer, mit Löchern versehener Winkerring oder Rundschieber angeordnet ist. Durch die Drehung des letzteren öffnen sich korrespondierende Öffnungen in der Zylinderwand allmählich und bewirken damit den Sandausfluß.

Die Schraubenspindeln haben den erheblichen Nachteil einer wenig stabilen Lagerung der Gerüste und rosten leicht ein. Unbedingt zu verwerfen sind solche mit Kugellagerung, deren labiles Gleichgewicht schon durch geringen Seitendruck gestört werden kann. Auf sie dürfte wohl die Einsturzkatastrophe der Corneliusbrücke in München zurückzuführen sein.

Für das Gerüstholz kommt nur Nadelholz in Betracht mit Ausnahme einiger stark beanspruchter Teile aus Buchen- oder Eichenholz. Rundholz soll aus Wirtschaftlichkeitsgründen in weitgehendem Maße zur Verwendung kommen, und zwar speziell bei Pfosten und Streben des Untergerüsts und evtl. auch beim Obergerüst. Die Diagonalverstreben und Kreuze, auch untergeordnete Zangen, können aus Halbrundholz bestehen. Für die Hauptzangen, Kranzhölzer, Schwellen, Verbindungshölzer und bei wichtigeren Gerüsten für die Obergerüststreben kommen Kanthölzer in Betracht.

Als zulässige Nadelholzbeanspruchungen empfehlen sich für reinen Zug  $100\text{--}120\text{ kg/cm}^2$ , für Druck  $60\text{--}70\text{ kg/cm}^2$ , für Biegung  $80\text{--}100\text{ kg/cm}^2$ , Schub parallel zur Faser  $10\text{--}15\text{ kg/cm}^2$  und senkrecht zur Faser  $20\text{--}25\text{ kg/cm}^2$ . Gegen Knickung soll mindestens eine 8-fache Sicherheit vorhanden sein.

Die nachstehenden Gerüstaussführungen beziehen sich auf die verschiedensten Formen des Brückenbaues und berücksichtigen neben den Bogenbrücken auch ebene Eisenbetonbalkenbrücken. Hierdurch wird eine gute Übersicht geboten.

Die Lehrgerüste sind sehr wichtig. Die Beherrschung ihrer Konstruktionen gehört zum fachlichen Rüstzeug des vollendeten Bauingenieurs. Nur die mannigfaltigen Aufgaben der Praxis werden ihm dieses beschaffen, und so können und sollen auch unsere kurzen Darlegungen nur allgemeine Gesichtspunkte für ihn sein.

## I. Lehrgerüste des Eisenbahnviaduktes Martinsfuhren.

Bei diesem im Jahre 1916 von der Wayß & Freytag A.-G. errichteten zweigleisigen Stampfbetonbauwerk kamen zweierlei Brückengewölbe zur Ausführung, und zwar 11 Stück im Lichten

15,00 m weite eingespannte Bögen und 1 Dreigelenkbogen mit 30,20 m Spannweite.

#### a) Dreigelenkbogen.

Die Fig. 1—10 veranschaulichen die Lehrgerüstkonstruktionen desselben im Gesamtbild und in den konstruktiven Einzelheiten. Für das 7,60 m breite Gewölbe kamen 7 Lehrbögen zur Aufstellung mit einem mittleren Abstand von 1,30 m. Das Untergerüst ist im Pfeilersystem aufgebaut, dessen 28 cm starke Rundholzpfosten teils auf die Brückenfundamente, teils auf besondere Betonsockel abgestützt sind. Die Kreuze und Verstrebungen bestehen aus Halbrundholz 16 cm  $\varnothing$ , die Zangen aus Kantholz 10/14 cm. Etwa in Höhe der Kämpfgelenke befinden sich die Sandtöpfe mit direkter Lagerung auf dem Hirnholz der Pfosten, wodurch Kopfschwellen und Druckverteilungshölzer vermieden wurden.

Das Obergerüst baut sich auf 25/25 cm großen Fußschwellen im Strebssystem derart auf, daß die Druckstäbe fächerartig von den Sandtöpfen zu den Kranzhölzern ansteigen. Für sämtliche Hölzer ist Kantholz verwendet, um das Abbinden auf das sorgfältigste bewerkstelligen zu können. Der Quer- und Längsverband erfolgt in solider Weise durch Zangen und Diagonalen. Über den Fußschwellen befindet sich ein horizontaler Querverband IV, Fig. 3, welcher den ersteren eine unverschiebliche Lage sichert. Die übrigen Querverbände sind aus den Fig. 2 und 4 ersichtlich.

Fig. 5 zeigt den Knotenpunkt A von Pfosten 2 und den Kranzhölzern mit dem Stoß der letzteren, welcher durch beiderseitige 6 mm starke Eisenlaschen und doppelte Verschraubung  $7/8$  " gesichert ist. Die 8 cm starken Kranzhölzer sind in die Pfosten eingeschnitten und durch die Schraubenbolzen so fest an den Schnitzzapfen angepreßt, daß die Lastübertragung durch Auflagerung und Reibungswiderstand erfolgt. Da die erforderliche Kranzhölzhöhe von 55 cm sich nicht in einem Stück ermöglichen ließ, wurde auf das untere allein tragende Holz von 30 cm Höhe ein Bogenstück aufgelascht.

In Fig. 6 ist der Sandtopfknotenpunkt B dargestellt. Der Pfostenkopf ist in beiden Richtungen durch starke Doppelzangen festgehalten. Die Köpfe und Muttern der Schraubenbolzen sind, wie auch sonst überall, durch 80/80/6 mm große eiserne Unterlagsscheiben gegen das Verbeißen in das Holz gesichert. Der Sandtopf ist zur stabilen Lagerung auf einer 6 cm starken Eichenholzplatte montiert. Eine ebensolche Platte befindet sich über dem Druckstempel. Die Belastung des Sandtopfes beträgt 28,8 t. Bei einem Probe-Druckversuch wurde die Belastung ohne Benachteiligung für den Sandtopf auf 85 t gebracht. Die großen senkrecht zur Faser ausgeübten Streben- und Sandtopfdrücke auf die Lang-

schwellen machen ein oberes und ein unteres buchenes Druckübertragungsholz notwendig. Diese sind 1,10 m lang und haben einen Querschnitt von 10/25 cm. Sie sind gegen seitliches Verschieben mit der Schwelle durch Bolzen verschraubt. Die Lage der Strebenfüße wird durch kurze Zapfen und Eisenklammern gesichert.

Fig. 7 zeigt den Knotenpunkt C mit dem soliden Anschluß der Obergerüststrebe an die durchlaufenden Kranzhölzer. Durch die Anordnung zweier Schraubenbolzen ist eine Drehung des Strebenkopfes ausgeschlossen, wodurch die Tragfähigkeit des Druckholzes erhöht wird.

In Fig. 8 ist die konstruktiv richtige Stoßverbindung der Langschwelle mit starken Laschenhölzern und solider Verschraubung dargestellt.

Die Ermittlung der Strebenkräfte  $S_1$ — $S_{10}$  ist in Fig. 9 graphisch durchgeführt. Von der Last  $G_5$  ab ist ein Reibungswinkel von  $20^\circ$  zwischen Wölbmaterial und Schalung berücksichtigt. Die Hölzer sind mit 8—10facher Sicherheit gegen Knickung berechnet.

- a) Die stärkst beanspruchte Strebe  $S_4$  berechnet sich beispielsweise wie folgt:

Querschnitt 22/22 cm;

$$l = 8,40 \text{ m}; \quad l_0 = \frac{2}{3} \cdot l = 5,60 \text{ m};$$

$$J = \frac{22^4}{12} = 19500 \text{ cm}^4;$$

nach Euler ist:

$$P_{\text{Bruch}} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{l_0^2}; \quad \text{wobei } E = 120 \text{ t/cm}^2,$$

$$P_{\text{Bruch}} = \frac{10 \cdot 120 \cdot 19500}{560 \cdot 560} = 74,50 \text{ t},$$

$$P_{\text{tats.}} = 7,50 \text{ t};$$

somit:

$$\text{Knicksicherheit } n = \frac{74,50}{7,50} = 7,80 \text{ fach.}$$

- b) Der größte Gewölbedruck auf die Schalung tritt bei IV' auf mit  $3,35 \text{ t/m}^2$ . Somit

$$M = \frac{3,35 \cdot 1,30^2}{8} = 0,71 \text{ mt};$$

bei 8 cm Stärke der Rahmenschenkel ist:

$$\sigma = \frac{71000 \cdot 6}{100 \cdot 8 \cdot 8} = 66 \text{ kg/cm}^2.$$

Die Spannung erniedrigt sich in Wirklichkeit noch bei Berücksichtigung der Kontinuität der Hölzer.

- c) Die größte Belastung der Kranzhölzer ergibt sich zu  $p = 3,35 \cdot 1,30 = 4,35 \text{ t/m}$ :

$$M = \frac{4,35 \cdot 1,75^2}{8} = 1,67 \text{ mt.}$$

Format 2 · 8/30 cm;

$$\sigma = \frac{167000 \cdot 6}{2 \cdot 8 \cdot 30 \cdot 30} = 69,50 \text{ kg/cm}^2$$

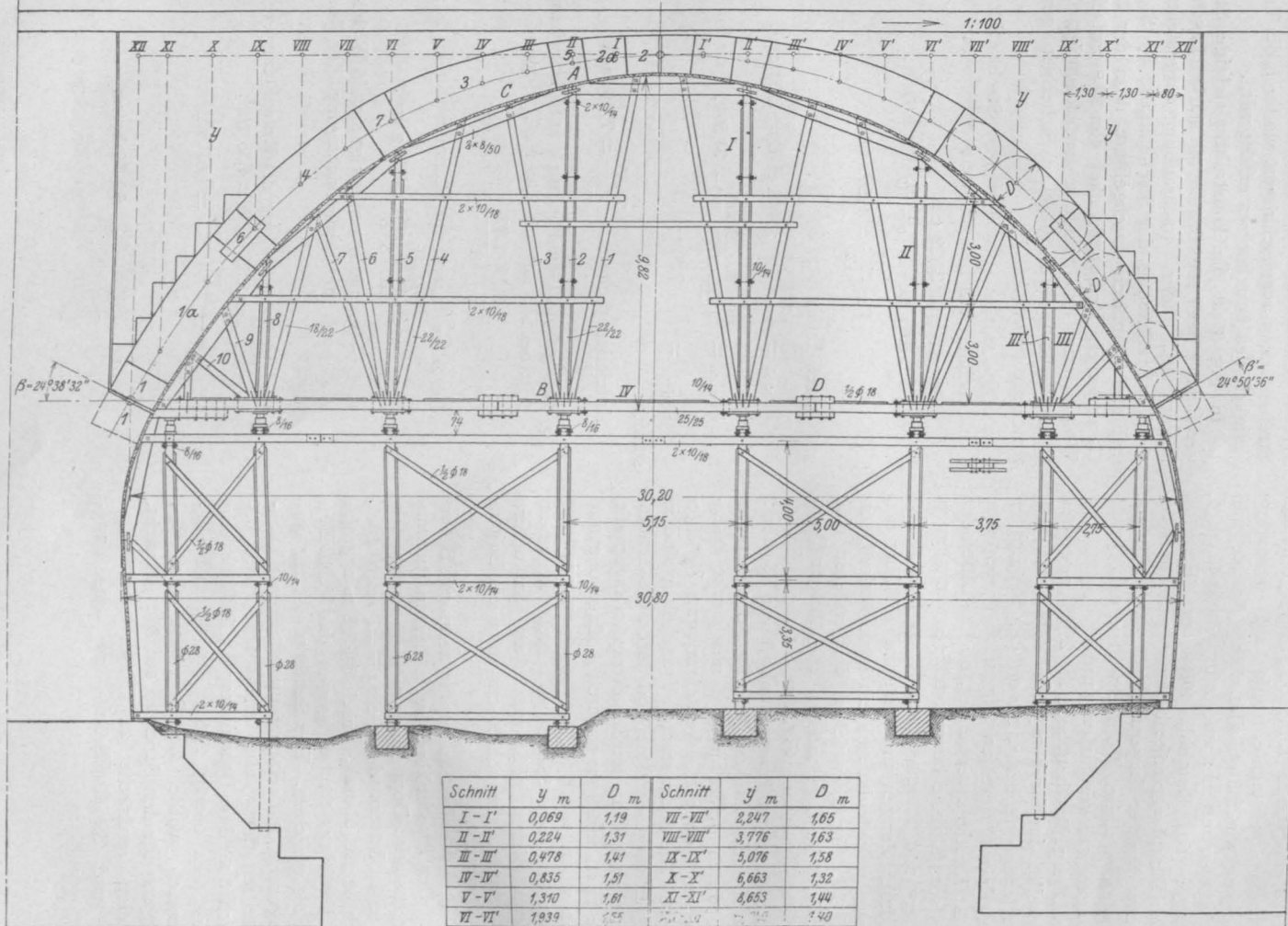


Fig. 1. Lehrgerüst des Dreigelenkbogens, Viadukt Martinsföhren.

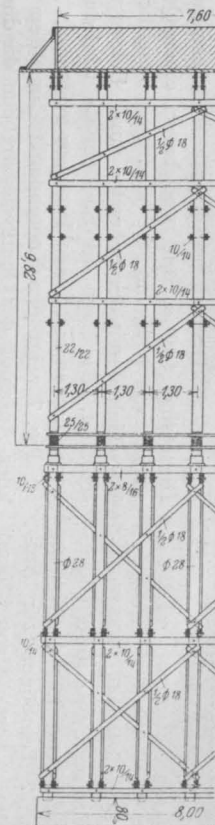


Fig. 2. Querverband I.

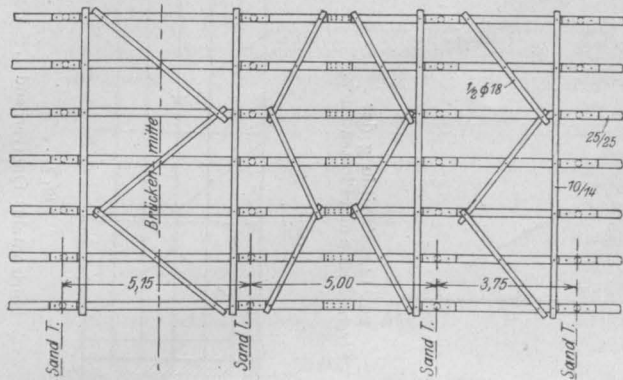
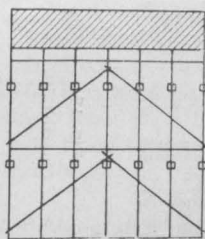
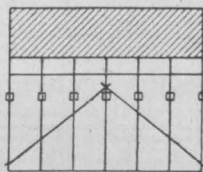


Fig. 3. Horizontaler Querverband IV.



Querverband II.



Querverband III.

Fig. 4.

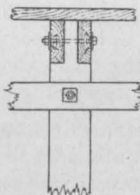
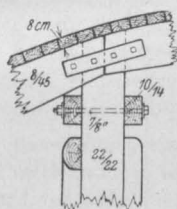


Fig. 5. Knotenpunkt A.

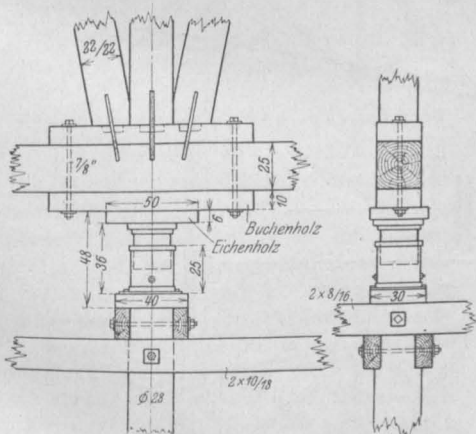


Fig. 6. Knotenpunkt B.

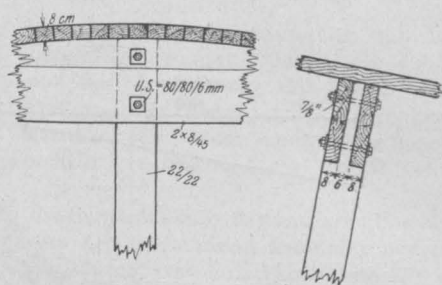


Fig. 7. Knotenpunkt C.

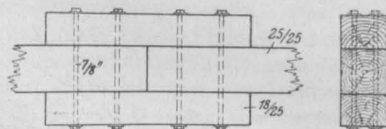


Fig. 8. Stoßverbindung D der Langschwelle.

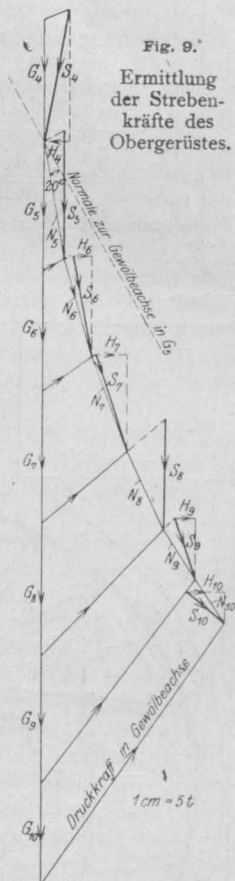


Fig. 9.

Ermittlung  
der Streben-  
kräfte des  
Obergerüsts.

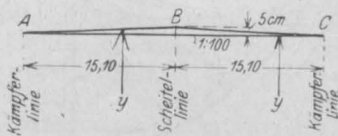


Fig. 10.

Über-  
höhung  
des Lehr-  
gerüsts.





- d) Die größte lotrechte Belastung ergibt sich für den unter den Obergerüststreben  $S_4$ — $S_7$  stehenden Turmpfosten zu 28,80 t.

Vorhanden  $\varnothing$  28 cm;  $F = 615,80 \text{ cm}^2$ ;

$$I_0 = 4,00; J = 0,05 \cdot 28^4 = 30\,600 \text{ cm}^4,$$

$$P_{\text{Bruch}} = \frac{10 \cdot 30\,600 \cdot 120}{400 \cdot 400} = 230 \text{ t},$$

$$P_{\text{tats.}} = 28,80 \text{ t};$$

$$\text{Knicksicherheit } n = \frac{250}{28,80} = 8 \text{ fach},$$

$$\text{Druckspannung } \sigma = \frac{28\,800}{615,80} = 47 \text{ kg/cm}^2.$$

Sämtliche Pfosten sind 28 cm stark gemacht worden.

Die Anfertigung des Gerüsts erfolgte auf einem inländischen Werkplatz unter Benutzung eines solid hergestellten Reißbodens und eines Theodoliten. Bei der Herstellung wurde nach Fig. 10 eine Überhöhung von 5 cm im Scheitel in geradliniger Abnahme gegen den Kämpfer berücksichtigt.

Die Betonierungsfolge der Gewölbemellen geht aus Fig. 1 hervor. Die Abstützung der Lamelle 4 auf Lamelle 1a erfolgte durch kräftige Betonstempel, die in das Gewölbe einbetoniert wurden. Die Schalung der Brück Pfeiler wurde in Verbindung mit dem Untergerüst aufgestellt, wodurch an Arbeit und Zeit gespart worden ist.

Der gesamte Holzbedarf für das Lehrgerüst mit Ausnahme der Gewölbeschalung betrug:

- für das Untergerüst 26,00 m<sup>3</sup> Kantholz, 32,0 m<sup>3</sup> Rundholz und 12,10 m<sup>3</sup> Halbrundholz, d. i. **3 v. H.** des umbauten Raumes.
- für das Obergerüst: 96,00 m<sup>3</sup> Kantholz, 2,50 m<sup>3</sup> Buchenkantholz und 2,60 m<sup>3</sup> Halbrundholz, d. i. **6,20 v. H.** des umbauten Raumes.

An Kleisenzeug wurden rund **35 kg** für **1,00 m<sup>3</sup>** Holz benötigt.

- Eingespannter Bogen, Viadukt  
Martinsfuhren.

Die Fig. 11—14 zeigen die zugehörigen Lehrgerüstkonstruktionen. Der Aufbau der 7 Lehrbögen gliedert sich wie bei 1a in ein unteres Ständergerüst und ein Obergerüst, dessen Absenkung ebenfalls durch Sandtöpfe erfolgte. Die Ständer sind direkt auf die Pfeilerfundamente aufgestellt, wodurch sich für die beiden mittleren eine Schrägstellung ergibt. Man hätte das Obergerüst auch sprengwerkartig auf Kämpferkonsolen auflagern können, hat aber doch ein ausgebautes Untergerüst vorgezogen mit Rücksicht auf eine solide Konstruktion und den weiteren Vorteil,

daß die Pfeilerschalung in Verbindung mit der Rüstung hochgeführt werden konnte. Es wurde demnach mit der Betonierung der Pfeiler erst nach Aufstellung der Untergerüste begonnen, weshalb letztere für einen ununterbrochenen Arbeitsfortschritt rechtzeitig zur Stelle sein mußten.

Durch die Schrägstellung der mittleren Pfosten entsteht in der Querverbindung unter den beiden mittleren Sandtöpfen eine Druckkraft von 2,70 t, welche durch ein Vollholz von 16/20 cm Stärke aufgenommen wird, das an Stelle der sonst vorgesehenen Doppelzangen tritt. Der Anschluß dieses Druckholzes an die Pfosten und die Doppelzangen der Seitenöffnungen ist in solider Weise durchgeführt. Die übrigen konstruktiven Einzelheiten A, B, C, und D sind ähnlich wie bei 1a durchgebildet, sodaß sich eine Erläuterung derselben erübrigt.

Die Obergerüststreben haben eine Stärke von 16/18 cm, die Kranzhölzer von  $2 \times 5/30$  cm und die Schalungsdielen von 5 cm. Die Last für einen mittleren Sandtopf beträgt 16,65 t; sie ruft in dem schrägen Rundholzständer eine Stabkraft von 16,90 t hervor, sodaß in dem 24 cm starken Pfosten eine Druckpressung von 37,40 kg/cm<sup>2</sup> bei 8,40facher Knicksicherheit vorhanden ist. Fig. 14 bringt die graphische Ermittlung der Pfosten- und Strebenkräfte.

Für die 11 kleinen Brückengewölbe wurden 6 Lehrgerüste angefertigt, wovon 5 Stück zweimal verwendet wurden. In Fig. 11 sind 2 der übrigen Pfeiler eingetragen, die weniger tief gegründet sind und bei denen die Ständer entsprechend abgeschnitten wurden.

Die Betonierung des Gewölbes erfolgte in vereinfachter Weise in 3 Teilen, indem zuerst das Scheitelstück I und dann die beiden Seitenlamellen II gleichzeitig vom Kämpfer nach oben fortschreitend aufgebracht wurden.

Der Holzbedarf für das Lehrgerüst eines Gewölbes ergab:

- für das Untergerüst: 7,50 m<sup>3</sup> Kantholz, 16,20 m<sup>3</sup> Rundholz und 12,40 m<sup>3</sup> Halbrundholz, d. i. **2,70 v. H.** des umbauten Raumes,
- für das Obergerüst: 25,50 m<sup>3</sup> Kantholz und 5,10 m<sup>3</sup> Halbrundholz, d. i. **5 v. H.** des umbauten Raumes.

Diese Prozentsätze sind etwas geringer als bei 1a, da wegen der geringeren Gewölbelasten die Konstruktionsteile schwächer durchgebildet werden konnten.

Die beiden Lehrgerüste 1a und 1b sind musterhafte Ausführungsbeispiele, die in jeder Beziehung konstruktionsgerecht durchgebildet sind und für die ausführende Firma ein Zeugnis hohen technischen Verantwortlichkeitsgefühls bilden.

(Schluß folgt.)

# QUERSCHNITTSBEMESSUNGSTAFEL EXZENTRISCH BEANSPRUCHTER QUERSCHNITTE.

(Eine Erweiterung ihres Anwendungsgebietes).

Von Dr.-Ing. Richard Rossin.

(Schluß von S. 13.)

Die Anwendung der Tafel erfolgt in ähnlicher Weise wie bei einfacher Biegung. Der Schnittpunkt der  $p'$ -Linie mit einem angenommenen  $\varphi$ -Strahle liefert einen Wert  $\bar{m}'$ , aus dem  $\psi$  und aus diesem  $\bar{m}$  berechnet werden kann. Die letzterem entsprechende Ordinate muß den bereits angenommenen  $\varphi$ -Strahl in Höhe  $p$  schneiden, andernfalls  $\varphi$  entsprechend abzuändern und die Berechnung zu wiederholen ist. Die gesuchte Betonspannung liefert dann die Gleichung:

$$\sigma_b = \frac{6 M_2}{b^2} \frac{x+y}{xy} = \frac{6 M_2}{b^2 h'} \frac{\varphi + \psi}{\varphi \psi} \dots (15)$$

Für die erste Annäherung kann bei kleinem  $M_2$  unter Vernachlässigung der quadratischen Glieder von  $\psi$ :

$$\bar{m} = \frac{m}{m'} \bar{m}' = \frac{e'}{e} \bar{m}' \dots (16)$$

gesetzt werden.

Für die erste Annäherung kann bei kleinem  $M_2$  unter Vernachlässigung der quadratischen Glieder von  $\psi$ :

$$\bar{m} = \frac{m}{m'} \bar{m}' = \frac{e'}{e} \bar{m}' \dots (16)$$

gesetzt werden.

Eine Genauigkeit innerhalb der Fehlergrenze  $\pm 1 \text{ kg/cm}^2$  läßt sich unschwer erzielen.

Zahlenbeispiel 5: Ein Betonquerschnitt von  $h = 65 \text{ cm}$ ,  $b = 40 \text{ cm}$ ,  $a = a' = 4 \text{ cm}$  sei mit  $f_e = 12,4 \text{ cm}^2$  ( $p = 0,51 \%$ ) und  $f_e' = 9,5 \text{ cm}^2$  ( $p' = 0,39 \%$ ) bewehrt (vergl. Zahlenbeispiel 1b). Wie groß sind die in demselben auftretenden Spannungen bei einer Belastung von  $P = 22 \text{ t}$ ,  $M_1 = 9 \text{ mt}$  und  $M_2 = 1 \text{ mt}$ ?

Zunächst wird berechnet:

$$\frac{m'}{m} = \frac{M_1 \pm P \left( \frac{h}{2} - a \right)}{6 M_2} \frac{b}{h'} = \frac{9 \pm 22 \cdot 0,285}{6 \cdot 1,0} \cdot \frac{0,40}{0,61} = \frac{1,669}{0,373}$$

Wird versuchsweise der Strahl  $\varphi = 0,600$  gewählt, so liegt sein Schnittpunkt mit  $p' = 0,39$  bei  $\bar{m}' = 0,288$ . Dem entspricht annähernd

$$\bar{m} = \frac{0,373}{1,669} \cdot 0,288 = 0,052 \text{ (Gl. (16))}.$$

Diese Ordinate schneidet in Höhe  $p = 0,51$  den Strahl  $\varphi = 0,450$ . Die gesuchte Annahme war also unrichtig und die Aufgabe werde für  $\varphi = 0,500$  wiederholt. Aus dem der Tafel entnommenen  $\bar{m}' = 0,256$  kann  $\psi = 0,156$  und  $\bar{m} = 0,0617$  berechnet

werden. Der Schnittpunkt mit  $p = 0,51$  liegt etwas tiefer als der Strahl  $\varphi = 0,450$ , doch ist bereits eine genügende Genauigkeit erzielt. Denn Gl. (15) liefert:

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot 1,0}{0,40^2 \cdot 0,61} \cdot \frac{0,500 + 0,156}{0,500 \cdot 0,156} = 517 \text{ t/m}^2,$$

während eine scharfe Rechnung  $\sigma_b = 523 \text{ t/m}^2$  ergibt (vergl. die Tabelle weiter unten). Nun kann noch mit Hilfe der Gl. (1)  $\sigma_{e\max} = 625 \text{ t/m}^2$  berechnet werden.

Für den gleichen Querschnitt und das gleiche  $P$  und  $M_1$ , jedoch verschiedene  $M_2$  wurden die größten Spannungen ermittelt. Wie aus der Tabelle zu ersehen, lassen selbst geringe Werte von  $M_2$  die Spannung recht stark anwachsen. Es zeigt sich daher wieder, daß es ganz unstatthaft ist, selbst kleine Nebenmomente zu vernachlässigen.

P t	M <sub>1</sub> mt	M <sub>2</sub> mt	$\sigma_b$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{e\max}$ kg/cm <sup>2</sup>
22	9	0	40,0	600
22	9	0,2	42,4	636
22	9	0,4	44,9	674
22	9	0,6	47,4	712
22	9	0,8	49,9	759
22	9	1,0	52,4	801
22	9	1,2	54,9	848
22	9	1,4	57,5	896
22	9	1,6	60,0	952

## V. T-Querschnitte.

Der in Fig. 5 dargestellte Querschnitt möge von der Nullinie, die bei einfacher Biegung parallel zur Oberkante A—B verlaufen muß, im Stege geschnitten werden. Sämtliche Spannungen können wieder durch  $\sigma_b$  ausgedrückt werden. Mit den aus der Figur ersichtlichen Bezeichnungen erhalten wir:

$$\sigma_u = \frac{x-d}{x} \sigma_b;$$

$$\sigma_e' = \frac{x-a'}{x} n \sigma_b;$$

$$\sigma_e = \frac{h'-x}{x} n \sigma_b.$$

Die gesamte Betondruckfläche kann in die Rechtecke

$$F_1 = ABB_1A_1 = b x$$

und



$F_2 = -(A_2 A_1 C_1 C + B_2 B_1 D_1 D) = (b - b_0) (x - d)$   
zerlegt werden. Dem entsprechend besteht die  
Betondruckkraft aus den Teilkräften

$$D_1 = b \times \frac{\sigma_b}{2}$$

und

$$D_2 = (b - b_0) \frac{(x - d)^2}{x} \frac{\sigma_b}{2}$$

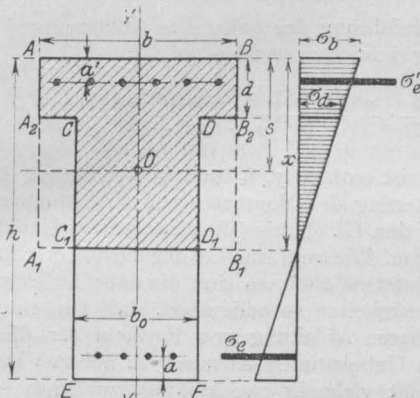


Fig. 5.

Ihre Schwerpunkte haben von der Querschnitts-  
oberkante die Abstände

$$s_1 = \frac{x}{3} \text{ und } s_2 = d + \frac{x-d}{3} = \frac{x+2d}{3}$$

Die Momentengleichungen lauten daher

$$\begin{aligned} \frac{b x}{2} \frac{\sigma_b}{2} \left( h' - \frac{x}{3} \right) \\ - (b - b_0) \frac{(x - d)^2}{x} \frac{\sigma_b}{2} \left( h' - \frac{x + 2d}{3} \right) \\ + n f_e' \sigma_e' (h' - a') = P e, \\ - \frac{b x}{2} \frac{\sigma_b}{2} \left( \frac{x}{3} - a' \right) \\ + (b - b_0) \frac{(x - d)^2}{x} \frac{\sigma_b}{2} \left( \frac{x + 2d}{3} - a' \right) \\ + n f_e \sigma_e (h' - a') = P e'. \end{aligned}$$

Werden diese Gleichungen durch  $b h'^2 \sigma_b$  divi-  
diert und die bekannten Abkürzungen, zu denen  
noch  $\delta = \frac{d}{x}$  hinzukommt, eingeführt, so erhal-  
ten wir:

$$\left. \begin{aligned} \frac{q}{2} \left( 1 - \frac{q}{3} \right) + n p' \frac{q - a'}{q} (1 - a') \\ = \mu' + \frac{b - b_0}{b} \frac{(q - \delta)^2}{2 q} \left( 1 - \frac{q + 2\delta}{3} \right) \\ = \bar{\mu}' \\ - \frac{q}{2} \left( \frac{q}{3} - a' \right) + n p \frac{1 - q}{q} (1 - a') \\ = \mu - \frac{b - b_0}{b} \frac{(q - \delta)^2}{2 q} \left( \frac{q + 2\delta}{3} - a' \right) \\ = \bar{\mu} \end{aligned} \right\} \quad (V)$$

Zu beachten ist, daß  $e_0$  vom Schwerpunkte  
des Querschnittes zu messen ist und daß  $p$  und  
 $p'$  sich auf den vollen Querschnitt  $b h'$  beziehen.

Um nun die Eiseneinlagen zu bestimmen, ist  
das gleiche Verfahren wie für Rechteckquer-  
schnitte mit Achsialdruck und doppelter Biegung  
in Anwendung zu bringen (vergl. Gl. (II)). Nach  
Annahme von  $q$  werden  $\bar{\mu}'$  und  $\bar{\mu}$  berechnet und  
deren Ordinaten mit den bereits gewählten  
 $\varphi$ -Strahlen zum Schnitte gebracht. Erscheint eine  
andere Verteilung der Eiseneinlagen erwünscht,  
so ist  $q$  entsprechend abzuändern und die Auf-  
gabe zu wiederholen.

In ähnlicher Weise können auch für Achsial-  
druck und doppelte Biegung Formeln aufgestellt  
werden. Da solche recht umfangreich sind, ihre  
Ableitung jedoch keinerlei Schwierigkeiten bietet,  
soll hier nicht näher darauf eingegangen werden.

Ist die Bewehrung bekannt und sind die  
Spannungen zu bestimmen, so sind die Gl. (IIIa)  
entsprechend zu erweitern und die Berechnung  
wie in Abschnitt IVa beschrieben, durchzuführen.

Zahlenbeispiel 6: Der T-Querschnitt von  
 $h = 65$  cm,  $b = 40$  cm,  $a = a' = 4$  cm,  $d = 12$  cm,  
 $b_0 = 25$  cm sei durch  $P = 22$  t und  $M_1 = 9$  mt be-  
lastet. Wie ist er zu bewehren, damit die zu-  
lässige Spannung von  $40$  kg/cm<sup>2</sup> ausgenützt werde?  
(vergl. Zahlenbeispiel 1b).

Da der Schwerpunkt des Betonquerschnittes  
von der Oberkante den Abstand

$$s = \frac{40 \cdot 12 \cdot 6 + 25 \cdot 53 \cdot 38,5}{40 \cdot 12 + 25 \cdot 53} = 22,7 \text{ cm}$$

hat, so beträgt:

$$\mu' = \frac{M_1 + P(h - s - a)}{b h'^2 \sigma_b} = \frac{9 + 22 \cdot 0,383}{0,40 \cdot 0,61^2 \cdot 400} = 0,292$$

und

$$\mu = \frac{M_1 - P(s - a')}{b h'^2 \sigma_b} = \frac{9 - 22 \cdot 0,187}{0,40 \cdot 0,61^2 \cdot 400} = 0,082$$

Wird  $q = 0,600$  gewählt, so ergibt die zahlen-  
mäßige Durchführung

$$\bar{\mu}' = 0,292 + 0,034 = 0,326$$

und

$$\bar{\mu} = 0,082 - 0,017 = 0,065$$

Diese Ordinaten, mit  $q = 0,600$  zum Schnitte ge-  
bracht, liefern

$$p' = 0,69\% \text{ und } p = 1,13\%$$

Somit ist die Bewehrung von

$$f_e' = 0,0069 \cdot 40 \cdot 61 = 16,8 \text{ cm}^2$$

und

$$f_e = 0,0113 \cdot 40 \cdot 61 = 27,6 \text{ cm}^2$$

einzulegen. Ist eine solche Eisenverteilung nicht  
zweckdienlich, so muß  $q$  abgeändert und der  
Rechnungsvorgang wiederholt werden. Wie zu  
erwarten, muß die Bewehrung gegenüber der des  
vollen Querschnittes verstärkt werden.

## VI. Angriffspunkt der Normalkraft.

In den bisherigen Untersuchungen ließen wir, der allgemeinen Praxis folgend, bei gegebenem Momente und Normalkraft, letztere im Schwerpunkte O des gesamten Betonquerschnittes angreifen. Diese Annahme widerspricht jedoch den mathematischen Voraussetzungen, sobald die Nulllinie den Querschnitt schneidet und Zugspannungen außer acht gelassen werden, weshalb auch von Löser in einer kürzlich erschienenen Arbeit gefordert wurde, daß der Angriffspunkt der Normalkraft nach dem Schwerpunkte  $O_s$  des

wirksamen Querschnittes verlegt werde<sup>1)</sup> (Fig. 6). Danach wäre die Strecke

$e_0 = \frac{M_1}{P}$  nicht von

der Mitte O aus, sondern von einem zunächst unbekannten, um  $e_s$  entfernten Punkte  $O_s$  zu messen, wodurch die Entfernung von T, dem Angriffspunkte der Resultierenden aus P und  $M_1$ , von der Querschnittsmitte  $\bar{e}_0 = e_0 + e_s$ , von den Eiseneinlagen  $\bar{e}_0 = e + \bar{e}_s$  und  $\bar{e}' = e' + e_s$  beträgt.

Dies hat zur Folge, daß das Angriffsmoment um  $M_s = P e_s$  wächst und die Spannungen sich dementsprechend erhöhen. Ohne zu der aufgeworfenen Frage selbst Stellung nehmen zu wollen, soll hier gezeigt werden, wie man der Löserischen Forderung folgend die Dimensionierungstafel benutzen kann.

Für Rechteckquerschnitte läßt sich aus der wirksamen Fläche

$$F_w = b x + \frac{b y}{4} - \frac{b y}{4} + n f_e' + n f_e$$

$$= b x + n (f_e' + f_e)$$

und aus ihrem auf die Mittelachse bezogenen statischen Momente

$$S_w = b x \left( \frac{h}{2} - \frac{x}{2} \right) - \frac{b y}{4} \left( x - \frac{h}{2} + \frac{y}{3} \right)$$

$$+ \frac{b y}{4} \left( x - \frac{h}{2} - \frac{y}{3} \right) + n f_e' \left( \frac{h}{2} - a' \right) - n f_e \left( \frac{h}{2} - a \right)$$

$$= \frac{b x}{2} (h - x) - \frac{b y^2}{6} + n f_e' \left( \frac{h}{2} - a' \right) - n f_e \left( \frac{h}{2} - a \right)$$

<sup>1)</sup> Kritik und Richtigstellung der gebräuchlichen Methoden zur Berechnung von Eisenbetonquerschnitten auf Biegung und Druck. Beton u. Eisen 1915, XI—XIII.

mit  $a = a'$  ableiten

$$e_s - \frac{S_w}{F_w} = \frac{\frac{b x}{2} (h - x) - \frac{b y^2}{6} + n (f_e' - f_e) \left( \frac{h}{2} - a \right)}{b x + n (f_e' + f_e)} \quad (17)$$

Mit Vernachlässigung der kleinen Werte  $\frac{b y^2}{6}$  und Einführung der bekannten Abkürzungen kann auch geschrieben werden

$$e_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{q (1 - q + a') + n (p' - p) (1 - a')}{q + n (p' + p)} \quad (17a)$$

$e_s$  ist von  $x$ ,  $y$ ,  $f_e'$  und  $f_e$  abhängig. Durch Erweiterung des Momentes um  $P e_s$  kommen daher in den Gl. (I) bis (V) keine neuen Unbekannten hinzu. Wiewohl eine Lösung dieser Gleichungen auch jetzt möglich, so sind die dabei auftretenden Schwierigkeiten so bedeutend, daß von einer unmittelbaren Ableitung von Formeln für die einzelnen Unbekannten Abstand zu nehmen ist. Es erscheint vielmehr zweckmäßig, zunächst  $e_s$  anzunehmen, die Aufgaben in der bereits beschriebenen Weise mit Benützung der Tafel durchzuführen und auf Grund der erhaltenen Ergebnisse den Wert von  $e_s$  richtigzustellen, worauf die Rechnung nötigenfalls zu wiederholen ist.

Zahlenbeispiel 7: Das Zahlenbeispiel 1b ist unter Berücksichtigung der Lage des Schwerpunktes der wirksamen Fläche durchzuführen.

Wird  $q = 0,500$ ,  $p = p' = 0,01$  angenommen und

$$a' = \frac{a'}{h'} = 0,066 \text{ gesetzt, so beträgt}$$

$$e_s = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,500 \cdot 0,566}{0,500 + 0,300} h' = 0,177 h',$$

$$\mu_s = \frac{P e_s}{b h'^2 \sigma_b} = \frac{22}{0,4 \cdot 0,61^2 \cdot 400} = 0,040.$$

Es wird daher

$$\bar{\mu}' = \mu' + \mu_1 = 0,256 + 0,040 = 0,296,$$

$$\bar{\mu} = \mu + \mu_s = 0,046 + 0,040 = 0,086.$$

Diese Ordinaten mit  $q = 0,500$  zum Schnitt gebracht ergeben

$$p' = 0,72 \text{ ‰}; \quad p = 0,79 \text{ ‰}$$

Eine Wiederholung der Aufgabe unter Annahme

$$q = 0,500, \quad p = p' = 0,008 \text{ ergibt } e_s = 0,192,$$

$$\mu_s = 0,043, \quad \mu' = 0,299, \quad \mu = 0,089,$$

worauf aus der Dimensionierungstafel für  $q = 0,500$ ,  $p' = 0,75 \text{ ‰}$  und  $p = 0,82 \text{ ‰}$  gefunden wird, welche Werte bereits als genügende Übereinstimmung mit den gemachten Annahmen anzusehen sind.



# TABELLEN ZUR QUERSCHNITTSFESTSETZUNG BEI EXZENTRISCH BELASTETEN EISENBETONKÖRPERN.

Von Dr.-Ing. W. Kunze (Dresden).

Das vom Verfasser dieses in „Armierter Beton“ 1916 Heft 8 veröffentlichte tabellarische Entwurfsverfahren, das sich wegen seiner bequemen Anwendbarkeit bereits gut eingeführt hat, soll in nachstehenden Tabellen eine Erweiterung und Umarbeitung erfahren.

Die früher veröffentlichten Zahlentafeln waren nicht auf der bekannten kubischen Gleichung von Prof. Mörsch, sondern auf einer Gleichung vierten Grades aufgebaut. Es kann die hierzu führende Tatsache, daß man die kubische Gleichung für statisch unbestimmte Rahmen und Bogen nicht anwenden darf, wenn man bei der ganzen Behandlung eines Entwurfes mit nur in der Druckzone wirkendem Beton rechnet, hier nur nochmals ausgesprochen, nicht aber von neuem begründet werden. Sie ist besonders klar nachgewiesen in einer Veröffentlichung von Ing. Löser in „Armierter Beton“ 1917 Heft 1. Dort wird entschieden, daß für statisch bestimmte Systeme die Gleichung vierten Grades von Löser und, nach Befinden die vom Verfasser seinerzeit darauf aufgebauten Tabellen angewendet werden müssen, während bei statisch bestimmten Konstruktionen die kubische Gleichung benutzt werden kann. Die Zwiespaltigkeit der Rechnungsweisen rührt daher, daß die Zugzone von Eisenbetonquerschnitten aus dem statisch wirksamen Querschnitt ausgeschieden zu werden pflegt. Hierdurch wird der wirksame Querschnitt und damit auch dessen Schwerpunkt abhängig von der Größe der Druckzone, d. h. der Lage der Nulllinie und damit der Lage der Normalkraft.

Die „Preußischen Bestimmungen“ vom 13. Januar 1916, die in der Folge auch von den anderen Bundesstaaten als amtliche Bestimmungen festgesetzt worden sind, gestatten nun aber, § 16 Ziff. 1, die statisch unbestimmten Größen aus den vollen Betonquerschnitten, also bei miteingerechneter Betonzugzone, zu berechnen. Obgleich damit die Frage, ob man nicht durch den ganzen Entwurf hindurch nur von der einen Annahme Gebrauch machen soll, daß der Beton nur mit seiner Druckzone statisch wirksam ist, vielleicht noch nicht endgültig verneint ist, so ist die Bestimmung des § 16, 1 doch maßgebend.

Dieser Bestimmung zufolge ist die Größe des statisch wirksamen Querschnittes (d. i. nunmehr des vollen Querschnittes) nicht mehr eine Funktion der Belastung, sondern eine bekannte Größe. Damit kennt man auch a priori die Stabachse und man kann dann statisch unbestimmte Tragteile genau so nach der alten Gleichung dritten Grades berechnen, wie sonst nur statisch bestimmte. Es

empfahl sich daher, auf der kubischen Gleichung aufgebaute Tabellen, die ohnedies schon für das Entwerfen statisch bestimmter Tragteile erwünscht waren, zu bearbeiten.

Auf der Gleichung von Prof. Mörsch aufgebaute Dimensionierungsverfahren bestehen zwar bereits, insbesondere hat Herr Dipl.-Ing. Spangenberg, Direktor der Firma Dyckerhoff & Widmann, in der Gedächtnisschrift zu Otto Mohr's 80. Geburtstage sehr brauchbare Tabellen aufgestellt, doch dürften die nachfolgenden wegen ihrer außerordentlichen Einfachheit in vielen Fällen das Entwerfen erleichtern helfen.

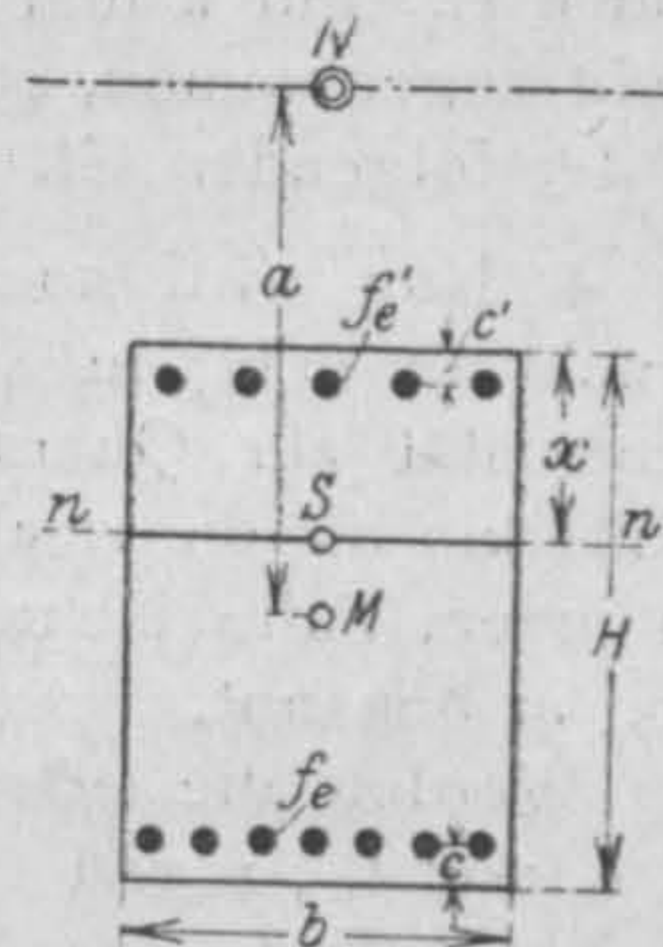
## Ableitung der Tabellen.

Wenn eine Achsenkraft und ein auf die Mitte des Querschnittes bezogenes Moment oder eine bezüglich der Querschnittsmitte um das Maß  $a$  exzentrische Längskraft auf einen Eisenbetonquerschnitt wirken, so gibt, abgeleitet aus den Gleichungen der inneren und äußeren Kräfte, sowie der inneren und äußeren Momente und dem Gesetze der Proportionalität von Spannung und Nulllinienabstand die kubische Gleichung

$$\begin{aligned} & \frac{x^3}{6} N - x^2 \left( N \frac{H}{4} - \frac{M}{2} \right) + \\ & + \frac{x n}{b} \left[ M (F_e' + F_e) - N \left\{ F_e' \left( \frac{H}{2} - c' \right) - F_e \left( \frac{H}{2} - c \right) \right\} \right] \\ & - \frac{n N}{b} \left[ - F_e' c' \left( \frac{H}{2} - c' \right) + F_e \left( \frac{H}{2} - c \right) (H - c) \right] \\ & - \frac{M n}{b} [F_e' c' + F_e (H - c)] = 0 \dots \dots \dots (1) \end{aligned}$$

Die Bedeutung der Buchstaben geht aus der Figur hervor.  $M$  und  $N$  sind Moment und Längskraft, berechnet auf 1 cm Querschnittsbreite. Die auf 1 cm Querschnittsbreite bezogenen Eiseneinlagen  $F_e/b$  und  $F_e'/b$  mögen mit  $f_e$  und  $f_e'$  bezeichnet werden. Außerdem werde in Gl. (1)  $M$  ersetzt durch  $a N$ , wobei  $a$  der Abstand der aus der Mitte herauszurückenden Längskraft  $N$  von dem Querschnittsmittelpunkte (die Mittenexzentrizität) bedeutet.

In der so veränderten Form und durch  $N$  gekürzt lautet Gl. (1) dann:





$$\begin{aligned} & \frac{x^3}{6} - x^2 \frac{H}{4} - x^2 \frac{a}{2} + x n a (f_e' + f_e) - \\ & - x n \left[ f_e' \left( \frac{H}{2} - c' \right) - f_e \left( \frac{H}{2} - c \right) \right] \\ & - n \left[ -f_e' c' \left( \frac{H}{2} - c' \right) + f_e \left( \frac{H}{2} - c \right) (H - c) \right] \\ & - a n [f_e' c' + f_e (H - c)] = 0 \quad \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Es erweist sich als zweckmäßig, alle in Gl. (2) vorkommenden Größen soweit als möglich durch  $H$  auszudrücken.

1. Der Randabstand der Eisen  $c$  und  $c'$  kann in Bruchteilen von  $H$  als  $\gamma H$  und  $\gamma' H$  ausgedrückt werden. Wenn auch die Größe von  $\gamma$  und  $\gamma'$  nach Stark und Dankelmann<sup>1)</sup> zwischen 0,10 bei  $h = 0,45$  m und 0,03 bei  $h = 0,90$  m bis 2,00 m schwankt, kann man doch, um zu Vereinfachungen zu gelangen, für  $\gamma$  und  $\gamma'$  den Festwert  $(0,03 + 0,10)^{1/2} = 0,06$  annehmen, ohne einen beträchtlichen Fehler in die Rechnung zu bringen.

Mit  $c' = c = 0,06 h$  wird auch annähernd

$$c' = c = 0,06 H.$$

2. Der Abstand  $x$  von der Nulllinie bis zum Druckrande ist bekanntlich auszudrücken durch die Formel

$$x = \frac{n \sigma_b}{n \sigma_b + \sigma_e} h = \frac{n \sigma_b}{n \sigma_b + \sigma_e} 0,94 H.$$

Nimmt man nun, wie bei Dimensionierungsverfahren üblich, feste Werte für  $\sigma_b$  (z. B. 40 kg/qcm) und für  $\sigma_e$  (z. B. 1200 kg/qcm) an, so erhält man bei  $n = 15$  für  $x$  den Wert

$$x = \frac{15 \cdot 40}{15 \cdot 40 + 1200} \cdot 0,94 H$$

oder allgemein

$$x = s H.$$

3. Auch  $f_e$  und  $f_e'$ , der auf einen 1 cm breiten Streifen umgerechnete Querschnitt der Zug- und der Druckeisen, gemessen in qcm/cm, kann in Bruchteilen von  $H$  ausgedrückt werden als  $kH$  und  $k'H$ . Für  $k$  und  $k'$  werden feste Zahlenwerte nicht angenommen, sondern diese Größen werden in der folgenden Gl. (3) als Unbekannte behandelt.

4. Nun wird noch die Exzentrizität  $a$  ausgedrückt als  $mH$ ;  $m$  stellt das Verhältnis der Exzentrizität zur Querschnittshöhe dar und wird weiterhin als die relative Exzentrizität bezeichnet. In jedem Falle ist mit  $a$  und  $H$  der Zahlenwert von  $m$  bekannt.

Werden die eben gebildeten Ausdrücke für  $a$ ,  $f_e$  und  $f_e'$ ,  $x$  und  $c$  und  $c'$  in Gl. (2) eingesetzt, so lautet diese, wenn man sie gleichzeitig durch  $H^3$  kürzt,

$$\left. \begin{aligned} & \frac{s^3}{6} - \frac{s^2}{4} + \frac{m s^2}{2} + s n m (k' + k) \\ & - s n [k' (0,5 - \gamma') - k (0,5 - \gamma)] \\ & + n [k' (0,5 - \gamma') \gamma' - k (0,5 - \gamma) (1,0 - \gamma)] \\ & - m n [k' \gamma' + k (1,0 - \gamma)] = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Setzt man ferner die Druckbewehrung  $f_e$  oder  $kH$  ins Verhältnis zur Zugbewehrung  $f_e'$  oder  $k'H$  durch die Gleichung

$$f_e' = \mu f_e \text{ oder } k' = \mu k,$$

so lautet Gl. (3) wie folgt:

$$\left. \begin{aligned} & \frac{s^3}{6} - \frac{s^2}{4} + \frac{m s^2}{2} + s n m k (1 + \mu) \\ & - s n k [(0,5 - \gamma') \mu - (0,5 - \gamma)] \\ & + n k [(0,5 - \gamma') \gamma' \mu - (0,5 - \gamma) (1,0 - \gamma)] \\ & - m n k [\gamma' \mu + (1,0 - \gamma)] = 0 \end{aligned} \right\} \quad (3')$$

Über alle in dieser Gleichung vorkommenden Werte mit Ausnahme von  $m$  und  $k$  ist bereits verfügt, sodaß Gl. (3') eine Beziehung zwischen  $m$  und  $k$  darstellt, mit deren Hilfe für jeden Wert von  $m$  ein Wert für  $k$  gefunden werden kann.

Gl. (3') besagt also, daß der verhältnismäßige Eisengehalt  $k$  eines Querschnittes (der Prozentgehalt an Eisen) eine Funktion allein der relativen Exzentrizität  $m = a/H$  und unabhängig von der Größe der Längskraft ist.

In anderer Form geschrieben gestaltet sich Gl. (3') wie folgt:

$$\begin{aligned} & \frac{s^3}{6} - \frac{s^2}{4} + m k \left[ \frac{s^2}{2 k} + s n (1 + \mu) - n (1 - \gamma + \mu \gamma') \right] \\ & - n k \left[ s \{ \mu (0,5 - \gamma') - (0,5 - \gamma) \} + (0,5 - \gamma) (1,0 - \gamma) \right. \\ & \quad \left. - \mu (0,5 - \gamma') \gamma' \right] = 0 \quad (3'') \end{aligned}$$

Sind hierdurch die Verhältnisse der einzelnen Querschnittsteile zueinander geregelt, so ergibt sich die Größe von  $H$  und allen damit ins Verhältnis gesetzten Größen aus der folgenden, das Gleichgewicht der inneren und äußeren Kräfte darstellenden Beziehung:

$$N = \frac{\sigma_b s H}{2} + \sigma_b n \frac{s - \gamma'}{s} \mu \gamma' k H - \sigma_b n \frac{1 - \gamma - s}{s} k H \quad (4)$$

oder

$$\frac{N s}{\sigma_b H} = k \left[ \frac{s^2}{2 k} + n (s - \gamma') \mu - n (1 - \gamma - s) \right] \quad (4')$$

$$= k \left[ \frac{s^2}{2 k} + s n (1 + \mu) - n (1 - \gamma + \mu \gamma') \right] \quad (4'')$$

$$\frac{N s}{\sigma_b H} = k [\text{konst. Faktor}]$$

$$k = \frac{N s}{H \sigma_b \text{ konst. Fakt.}} = \frac{N}{H} [\text{konst. Faktor}] \quad (4''')$$

In Gl. (3'') sind folgende Größen konstant, d. h. von  $m$  und  $k$  unabhängig: Das erste und

1) Vgl. den Hinweis hierauf in Direktor Spangenberg's Veröffentlichung.

das zweite Glied sowie die letzten Faktoren des dritten und vierten Gliedes. Man kann also schreiben:

$$A' + B' m k - C' k = 0 \quad \dots \quad 3'''$$

Da  $k$  nach Gl. (4''') proportional  $\frac{H}{N}$  ist, kann gebildet werden:

$$A' + B' m \frac{N}{H} - C' \frac{N}{H} = 0$$

oder

$$\frac{H}{N} + \frac{B'}{A'} m - \frac{C'}{A'} = 0$$

$$\frac{H}{N} + B m - C = 0.$$

Hiermit ist nachgewiesen, daß  $H/N$  eine lineare Funktion von  $m$  ist. Dieses lineare Verhältnis ist für die Aufstellung von Tabellen besonders geeignet.

Zur Berechnung der folgenden Tabellen sind die Konstanten  $B$  und  $C$  für

1. verschiedene Verhältnisse  $\sigma_b : \sigma_e$  und
2. verschiedene Verhältnisse  $f_e' : f_e = \mu$

berechnet worden.

Mit diesen Konstanten ist dann jedesmal mindestens für 2 Werte von  $m = \frac{a}{H}$  (1,00 und 3,00) der zugehörige Wert  $H/N$  ausgerechnet worden. Da die Gleichung zwischen  $m$  und  $H/N$  linear ist, konnten die übrigen Werte zwischengeschaltet werden.

Die Multiplikation der Werte  $m = a/H$  aus der nicht mitabgedruckten Spalte 0 mit den Werten  $H/N$  aus den Spalten 2 lieferte die in Spalte 1 eingetragenen Werte  $\frac{a}{H} \frac{H}{N} = \frac{a}{N}$ , von denen beim Dimensionieren auszugehen ist.

Ähnlich ist bei der Berechnung der Werte für  $f_e/N$  verfahren worden.

#### Die Tabellen im Gebrauche.

Wenn nicht eine exzentrische Kraft  $\mathfrak{N}$  in kg und deren Hebelarm  $a$  selbst unmittelbar gegeben sind, sondern ein Moment  $\mathfrak{M}^2)$  in cmkg und eine in Stabmitte wirkende Kraft  $\mathfrak{N}$ , so berechnet man  $a$  in cm aus  $a = \frac{\mathfrak{M}}{\mathfrak{N}}$ . Sodann ist  $\mathfrak{N}$  auf 1 cm Breite zu beziehen:  $N = \frac{\mathfrak{N}}{b}$ .

(Diese Vorbereitungen sind auch bei anderen Verfahren unerlässlich.)

Nun ist der Quotient  $\frac{a}{N}$ , die relative Exzentrizität, zu bilden.

<sup>2)</sup> Die Frakturbuchstaben sind nur benutzt worden, um die lateinischen Buchstaben für die auf 1 cm Querschnittsbreite berechneten Größen einführen zu können.

Mit dem hierfür gefundenen Zahlenwerte geht man in die Spalten 1 der Tabellen.

Die Tabellen zerfallen in 28 Unterabteilungen, deren jede in einer Zeile mit dem vorliegenden Werte  $\frac{a}{N}$  einen Wert  $\frac{H}{N}$  und  $\frac{f_e}{N}$ ,  $\left(\frac{f_e'}{N}\right)$  liefert.

Man findet also eine reichliche Auswahl von Querschnitten mit stärkerer oder schwächerer Bewehrung, teils mit, teils ohne Druckeisen einlagen, unter denen man die wirtschaftlichsten leicht feststellen kann.

Selbstverständlich wird der Konstrukteur im voraus wissen, welche Querschnitte etwa in Frage kommen können, und sich nur in seltenen Fällen der, wenn auch kleinen, Mühe unterziehen, alle 28 Querschnitte zum Vergleiche heranzuziehen.

#### Beispiel.

Gewählt sei das Beispiel, das in der genannten Veröffentlichung von Dipl.-Ing. Spangenberg enthalten und dessen Ergebnis  $h = 68$  cm ist.

Ein Pfosten von 50 cm Breite soll eine Längskraft von 10 000 kg, die von seiner Mitte 150 cm entfernt ist, aufnehmen. Dabei soll  $\sigma_b = 40$  und  $\sigma_e = 1000$  kg/qcm nicht überschritten werden. Die Druckbewehrung soll halb so stark sein wie die Zugbewehrung ( $\mu = 0,5$ ):

$$\mathfrak{N} = 10\,000 \text{ kg,}$$

$$N = \frac{\mathfrak{N}}{b} = \frac{10\,000}{50} = 200 \text{ kg,}$$

$$\frac{a}{N} = \frac{150}{200} = 0,750.$$

Tabelle III, ( $\mu = 0,5$ ) Abt. 3 ergibt:

$$\text{für } \frac{a}{N} = 0,725; \quad \frac{H}{N} = 0,354,$$

$$\text{„ } \frac{a}{N} = 0,756; \quad \frac{H}{N} = 0,360,$$

$$\text{für } \frac{a}{N} = 0,750; \quad \frac{H}{N} = 0,360 - 0,007 \cdot \frac{6}{30} = 0,359.$$

$$H = 0,359 N = 0,359 \cdot 200 = 71,8 \text{ cm,}$$

$$h' = 71,80 \cdot 0,94 = 67,6 \text{ cm.}$$

Daneben können sofort die verschiedensten anderen Querschnitte aus den übrigen Abteilungen der Tabellen abgelesen werden.

Es empfiehlt sich, den Kostenvergleich schon anzustellen, ehe man die gefundenen Beiwerte mit  $N$  multipliziert, da hierdurch an dem gegenseitigen Verhältnis der Querschnitte nichts geändert wird.



I.  $f_e' = 0,0$ ;  
 $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$

$\sigma_e = 1200$			$\sigma_e = 1100$			$\sigma_e = 1000$			$\sigma_e = 900$			$\sigma_e = 800$			$\sigma_e = 700$			$\sigma_e = 600$		
a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N
0,089	0,179	0,10	0,085	0,171	0,12	0,081	0,162	0,14	0,076	0,153	0,17	0,072	0,145	0,22	0,068	0,137	0,26	0,065	0,129	0,34
0,103	188	0,15	0,099	180	0,17	0,093	171	0,20	0,088	161	0,23	0,084	153	0,29	0,079	144	0,35	0,075	136	0,45
0,119	198	0,20	0,113	189	0,22	0,107	179	0,26	0,101	169	0,30	0,097	161	0,37	0,091	151	0,44	0,086	143	0,55
0,135	207	0,25	0,129	198	0,28	0,122	188	0,32	0,115	177	0,37	0,109	168	0,45	0,103	159	0,53	0,097	149	0,66
0,152	217	0,30	0,145	207	0,33	0,137	196	0,38	0,129	185	0,44	0,123	176	0,52	0,116	166	0,62	0,109	156	0,76
0,169	226	0,35	0,162	216	0,38	0,154	205	0,44	0,145	193	0,51	0,138	184	0,60	0,130	173	0,71	0,122	163	0,87
0,189	236	0,40	0,180	225	0,44	0,171	214	0,50	0,161	201	0,58	0,153	191	0,68	0,144	180	0,80	0,135	169	0,97
0,208	245	0,45	0,199	234	0,49	0,188	222	0,56	0,177	209	0,65	0,169	199	0,76	0,160	188	0,89	0,150	176	1,08
0,230	255	0,50	0,218	243	0,54	0,208	231	0,62	0,196	218	0,72	0,186	207	0,83	0,175	195	0,98	0,165	183	1,18
0,250	264	0,55	0,239	252	0,59	0,228	239	0,68	0,216	227	0,79	0,204	215	0,91	0,192	202	1,07	0,180	189	1,29
0,274	274	0,60	0,262	262	0,65	0,248	248	0,75	0,235	235	0,86	0,222	222	0,99	0,209	209	1,16	0,196	196	1,40
0,298	0,284	0,65	0,284	0,271	0,70	0,270	0,257	0,81	0,244	0,243	0,92	0,242	0,230	1,06	0,225	0,216	1,25	0,213	0,203	1,51
0,324	294	0,70	0,308	280	0,76	0,291	265	0,87	0,276	251	0,99	0,262	238	1,14	0,245	223	1,34	0,231	210	1,61
0,352	304	0,75	0,332	289	0,81	0,315	274	0,93	0,298	259	1,06	0,282	245	1,22	0,264	230	1,43	0,248	216	1,72
0,376	313	0,80	0,358	298	0,87	0,338	282	0,99	0,320	267	1,13	0,304	253	1,29	0,284	237	1,52	0,268	223	1,82
0,403	323	0,85	0,384	307	0,92	0,364	291	1,05	0,344	275	1,19	0,326	261	1,37	0,306	245	1,61	0,288	230	1,93
0,433	333	0,90	0,411	316	0,98	0,390	300	1,11	0,368	283	1,26	0,350	269	1,45	0,328	252	1,70	0,308	237	2,03
0,463	343	0,95	0,438	325	1,03	0,416	308	1,17	0,392	291	1,33	0,372	276	1,53	0,350	259	1,79	0,328	243	2,14
0,492	352	1,01	0,467	334	1,09	0,443	317	1,23	0,417	299	1,40	0,398	284	1,60	0,372	266	1,88	0,350	250	2,24
0,525	362	1,06	0,497	343	1,14	0,471	325	1,29	0,445	307	1,47	0,424	292	1,68	0,396	273	1,97	0,372	257	2,35
0,557	371	1,11	0,528	352	1,20	0,501	334	1,36	0,474	316	1,54	0,449	299	1,76	0,422	281	2,06	0,394	263	2,46
0,591	0,381	1,16	0,560	0,361	1,25	0,532	0,343	1,42	0,502	0,324	1,60	0,476	0,307	1,83	0,446	0,288	2,15	0,418	0,270	2,56
0,625	391	1,21	0,592	370	1,31	0,562	351	1,48	0,531	332	1,67	0,504	315	1,91	0,472	295	2,24	0,443	277	2,67
0,660	400	1,26	0,625	379	1,36	0,594	360	1,54	0,561	340	1,74	0,533	323	1,99	0,498	302	2,33	0,467	283	2,78
0,697	410	1,31	0,643	388	1,42	0,626	368	1,60	0,593	349	1,81	0,561	330	2,06	0,527	310	2,42	0,493	290	2,88
0,735	420	1,36	0,695	397	1,47	0,660	377	1,66	0,625	357	1,88	0,592	338	2,14	0,555	317	2,51	0,519	297	2,99
0,772	429	1,41	0,731	406	1,53	0,695	386	1,72	0,657	365	1,95	0,623	346	2,22	0,583	324	2,60	0,546	303	3,09
0,814	439	1,46	0,768	415	1,58	0,731	395	1,78	0,690	373	2,02	0,654	353	2,30	0,612	331	2,69	0,574	310	3,20
0,858	449	1,51	0,805	428	1,64	0,768	404	1,84	0,723	381	2,09	0,686	361	2,37	0,645	339	2,78	0,602	317	3,31
0,894	458	1,56	0,845	433	1,69	0,806	413	1,90	0,758	389	2,16	0,737	368	2,45	0,674	346	2,87	0,632	324	3,42
0,936	468	1,61	0,886	443	1,75	0,842	421	1,97	0,796	398	2,23	0,752	376	2,53	0,708	354	2,96	0,662	331	3,52
0,984	0,478	1,66	0,929	0,452	1,80	0,883	0,430	2,03	0,834	0,406	2,29	0,788	0,384	2,60	0,740	0,361	3,05	0,693	0,338	3,63
1,042	487	1,71	0,967	461	1,86	0,920	438	2,09	0,886	414	2,36	0,822	391	2,68	0,773	368	3,14	0,724	345	3,73
1,070	497	1,76	1,010	470	1,91	0,961	447	2,15	0,909	422	2,43	0,858	399	2,76	0,806	375	3,23	0,756	352	3,84
1,130	507	1,81	1,053	479	1,97	1,000	455	2,21	0,946	430	2,50	0,895	407	2,83	0,842	383	3,32	0,787	358	3,94
1,160	516	1,86	1,099	488	2,02	1,044	464	2,27	0,989	439	2,57	0,932	414	2,91	0,878	390	3,41	0,821	365	4,05
1,220	526	1,92	1,142	497	2,08	1,089	473	2,33	1,028	447	2,64	0,970	422	2,99	0,913	397	3,50	0,855	372	4,15
1,259	536	1,97	1,189	506	2,13	1,130	481	2,39	1,070	455	2,70	1,010	430	3,07	0,949	404	3,59	0,891	379	4,26
1,310	546	2,02	1,235	515	2,19	1,176	490	2,45	1,130	463	2,77	1,048	437	3,14	0,989	412	3,68	0,924	385	4,36
1,359	555	2,07	1,282	524	2,24	1,220	498	2,51	1,152	471	2,84	1,090	445	3,22	1,027	419	3,77	0,960	392	4,47
1,410	565	2,12	1,331	533	2,30	1,268	507	2,58	1,200	480	2,91	1,130	452	3,30	1,065	426	3,86	0,998	399	4,58
1,468	0,575	2,17	1,381	0,542	2,35	1,316	0,516	2,64	1,242	0,488	2,97	1,172	0,460	3,37	1,104	0,433	3,95	1,035	0,406	4,68
1,520	585	2,22	1,431	551	2,41	1,365	524	2,70	1,290	496	3,04	1,215	468	3,45	1,147	441	4,04	1,075	413	4,79
1,572	594	2,27	1,482	560	2,46	1,414	533	2,76	1,334	504	3,11	1,258	475	3,53	1,187	448	4,13	1,110	419	4,89
1,630	604	2,32	1,534	569	2,52	1,464	541	2,82	1,382	512	3,18	1,302	483	3,60	1,228	455	4,22	1,150	426	5,00
1,690	614	2,37	1,587	578	2,57	1,515	550	2,88	1,430	520	3,25	1,350	491	3,68	1,270	462	4,31	1,191	433	5,11
1,749	624	2,42	1,641	587	2,63	1,567	559	2,94	1,480	529	3,32	1,392	498	3,76	1,316	470	4,40	1,229	439	5,21
1,801	633	2,47	1,696	596	2,68	1,620	567	3,00	1,530	537	3,39	1,440	506	3,84	1,359	477	4,49	1,271	446	5,32
1,865	643	2,52	1,752	605	2,74	1,674	576	3,06	1,580	545	3,46	1,490	514	3,91	1,404	484	4,58	1,314	453	5,43
1,926	653	2,57	1,812	614	2,80	1,728	585	3,13	1,631	552	3,53	1,538	521	3,99	1,451	492	4,67	1,357	460	5,44
1,985	662	2,63	1,872	624	2,86	1,782	594	3,20	1,686	562	3,60	1,587	529	4,08	1,497	499	4,76	1,401	467	5,65
2,050	0,672	2,68	1,931	0,633	2,91	1,839	0,603	3,26	1,738	0,570	3,67	1,638	0,537	4,16	1,543	0,506	4,85	1,446	0,474	5,75
2,114	682	2,73	1,990	642	2,97	1,894	611	3,32	1,792	578	3,74	1,690	545	4,24	1,590	513	4,94	1,491		

II.  $f_e' = 0,25 f_e$ ;  
 $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$

$\sigma_e = 1200$			$\sigma_e = 1100$			$\sigma_e = 1000$			$\sigma_e = 900$			$\sigma_e = 800$			$\sigma_e = 700$			$\sigma_e = 600$		
a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$
0,088	0,177	0,10	0,084	0,168	0,12	0,080	0,159	0,14	0,075	0,150	0,17	0,071	0,143	0,21	0,066	0,133	0,25	0,061	0,123	0,33
0,102	185	0,15	0,097	176	0,17	0,091	166	0,20	0,086	157	0,24	0,081	149	0,29	0,076	139	0,34	0,070	128	0,43
0,116	194	0,20	0,111	184	0,23	0,105	174	0,26	0,098	164	0,31	0,092	155	0,36	0,087	145	0,43	0,080	133	0,53
0,131	202	0,25	0,125	192	0,28	0,117	181	0,32	0,111	171	0,38	0,105	162	0,44	0,098	150	0,52	0,090	138	0,64
0,148	211	0,30	0,140	200	0,34	0,132	189	0,38	0,125	178	0,44	0,117	168	0,51	0,109	156	0,61	0,100	143	0,74
0,164	219	0,35	0,156	208	0,39	0,147	196	0,44	0,139	185	0,51	0,130	174	0,59	0,121	162	0,69	0,111	148	0,84
0,182	228	0,40	0,173	216	0,45	0,163	204	0,50	0,154	192	0,58	0,144	181	0,66	0,133	167	0,78	0,122	153	0,95
0,200	236	0,45	0,190	224	0,50	0,179	211	0,56	0,169	199	0,65	0,158	187	0,74	0,147	173	0,87	0,134	158	1,05
0,220	245	0,50	0,209	232	0,56	0,197	219	0,62	0,185	206	0,71	0,173	193	0,81	0,161	179	0,96	0,147	163	1,15
0,240	253	0,55	0,228	240	0,61	0,215	226	0,68	0,202	213	0,78	0,189	200	0,89	0,175	184	1,05	0,160	168	1,25
0,262	0,262	0,60	0,249	0,249	0,67	0,234	0,234	0,74	0,220	0,220	0,84	0,206	0,206	0,98	0,190	0,190	1,13	0,174	0,174	1,36
0,284	270	0,65	0,270	257	0,72	0,253	241	0,80	0,238	227	0,91	0,222	212	1,06	0,206	196	1,22	0,188	179	1,46
0,306	279	0,70	0,292	265	0,78	0,274	249	0,86	0,257	234	0,98	0,240	218	1,14	0,222	202	1,31	0,202	184	1,56
0,330	287	0,75	0,314	273	0,83	0,294	256	0,92	0,277	241	1,05	0,260	226	1,21	0,239	208	1,40	0,218	189	1,66
0,354	295	0,80	0,337	281	0,89	0,317	264	0,98	0,298	248	1,11	0,278	232	1,29	0,257	214	1,49	0,233	194	1,77
0,378	303	0,85	0,361	289	0,94	0,339	271	1,04	0,319	255	1,18	0,298	238	1,37	0,275	219	1,57	0,248	199	1,87
0,406	312	0,90	0,386	297	1,00	0,362	279	1,10	0,341	262	1,25	0,318	245	1,44	0,293	225	1,66	0,265	204	1,97
0,433	321	0,95	0,412	305	1,05	0,386	286	1,16	0,363	269	1,32	0,339	251	1,52	0,312	231	1,75	0,282	209	2,07
0,462	330	1,00	0,438	313	1,11	0,412	294	1,22	0,386	276	1,38	0,360	257	1,59	0,332	237	1,84	0,300	214	2,18
0,492	339	1,05	0,465	321	1,16	0,437	301	1,28	0,411	283	1,45	0,382	264	1,67	0,352	243	1,93	0,318	219	2,28
0,522	348	1,10	0,494	329	1,21	0,463	309	1,35	0,435	290	1,51	0,405	270	1,74	0,372	248	2,01	0,338	225	2,39
0,533	0,357	1,15	0,522	0,337	1,26	0,490	0,316	1,41	0,460	0,297	1,58	0,428	0,276	1,82	0,394	0,254	2,10	0,358	0,231	2,49
0,584	365	1,20	0,553	346	1,32	0,518	324	1,47	0,487	304	1,65	0,452	282	1,90	0,416	260	2,19	0,378	236	2,59
0,618	374	1,25	0,584	354	1,37	0,547	331	1,53	0,513	311	1,72	0,477	289	1,97	0,439	266	2,28	0,398	241	2,69
0,649	382	1,30	0,616	362	1,43	0,577	339	1,59	0,540	318	1,78	0,503	296	2,05	0,461	271	2,37	0,418	246	2,80
0,684	391	1,35	0,648	370	1,48	0,606	346	1,65	0,568	325	1,85	0,528	302	2,12	0,485	277	2,45	0,439	251	2,90
0,718	399	1,40	0,680	378	1,54	0,638	354	1,71	0,597	332	1,92	0,556	309	2,20	0,510	283	2,54	0,461	256	3,00
0,735	408	1,45	0,714	386	1,59	0,668	361	1,77	0,627	339	1,99	0,583	315	2,28	0,535	289	2,63	0,483	261	3,10
0,790	416	1,50	0,748	394	1,65	0,701	369	1,83	0,657	346	2,05	0,610	321	2,35	0,561	295	2,72	0,506	266	3,21
0,829	425	1,55	0,785	402	1,71	0,733	376	1,89	0,688	353	2,12	0,640	328	2,43	0,587	301	2,81	0,528	271	3,31
0,868	434	1,60	0,820	410	1,76	0,768	384	1,96	0,718	359	2,19	0,668	334	2,51	0,612	306	2,90	0,554	277	3,42
0,909	443	1,65	0,860	419	1,81	0,804	392	2,02	0,752	366	2,26	0,697	340	2,59	0,641	312	2,99	0,578	282	3,52
0,946	0,451	1,70	0,895	0,427	1,87	0,838	0,399	2,08	0,783	0,373	2,33	0,727	0,346	2,66	0,668	0,318	3,08	0,603	0,287	3,62
0,990	460	1,75	0,936	435	1,92	0,875	407	2,14	0,817	380	2,40	0,760	353	2,74	0,697	324	3,17	0,628	292	3,72
1,030	468	1,80	0,975	443	1,98	0,910	414	2,20	0,851	387	2,46	0,790	359	2,82	0,724	329	3,26	0,653	297	3,83
1,073	477	1,85	1,012	451	2,03	0,951	422	2,26	0,888	394	2,53	0,821	365	2,89	0,754	335	3,34	0,680	302	3,93
1,116	485	1,90	1,055	459	2,09	0,987	429	2,32	0,923	401	2,60	0,855	372	2,97	0,784	341	3,43	0,707	307	4,03
1,160	494	1,95	1,098	467	2,14	1,027	437	2,38	0,960	408	2,67	0,888	378	3,05	0,816	347	3,52	0,734	312	4,13
1,205	502	2,00	1,140	475	2,20	1,066	444	2,44	0,996	415	2,73	0,922	384	3,12	0,848	353	3,61	0,761	317	4,24
1,251	511	2,05	1,183	483	2,25	1,108	452	2,50	1,032	422	2,80	0,960	392	3,20	0,877	358	3,70	0,789	322	4,34
1,300	520	2,10	1,227	491	2,31	1,150	460	2,57	1,070	428	2,86	0,994	398	3,27	0,910	364	3,78	0,820	328	4,45
1,349	529	2,15	1,275	500	2,36	1,190	467	2,63	1,108	435	2,93	1,030	404	3,35	0,945	370	3,87	0,850	333	4,55
1,397	537	2,20	1,321	508	2,42	1,235	475	2,69	1,149	442	3,00	1,066	410	3,43	0,978	376	3,96	0,880	338	4,65
1,448	0,546	2,25	1,370	0,516	2,47	1,275	0,482	2,75	1,190	0,449	3,06	1,105	0,417	3,50	1,010	0,381	4,05	0,910	0,343	4,76
1,497	554	2,30	1,412	524	2,53	1,322	490	2,81	1,231	456	3,13	1,142	423	3,57	1,045	387	4,14	0,943	349	4,86
1,548	563	2,35	1,462	532	2,58	1,365	497	2,87	1,272	463	3,20	1,180	429	3,65	1,081	393	4,22	0,975	354	4,96
1,600	571	2,40	1,511	540	2,64	1,414	505	2,93	1,316	470	3,26	1,221	436	3,73	1,117	399	4,31	1,005	359	5,07
1,652	580	2,45	1,560	548	2,69	1,459	512	2,99	1,359	477	3,33	1,260	442	3,80	1,166	404	4,40	1,037	364	5,17
1,705	588	2,50	1,611	556	2,75	1,509	520	3,05	1,404	484	3,40	1,299	448	3,88	1,189	410	4,49	1,070	369	5,27
1,762	597	2,55	1,661	564	2,80	1,553	527	3,11	1,448	491	3,47	1,342	455	3,96	1,227	416	4,58	1,103	374	5,38
1,818	606	2,60	1,716	572	2,86	1,605	535	3,18	0,491	497	3,54	1,383	461	4,04	1,266	422	4,67	1,140	380	5,49
1,871	614	2,65	1,769	580	2,91	1,650	542	3,24	1,537	504	3,61	1,424	467	4,12	1,305	428	4,76	1,174	385	5,59
1,931	623	2,70	1,823	588	2,97	1,705	550	3,30	1,584	511	3,68	1,466	473	4,20	1,345	434	4,85	1,209	390	5,70
1,988	631	2,75	1,877	596	3,02	1,752	557	3,												

III.  $f_e' = 0,5 f_e$ ;  
 $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$

$\sigma_e = 1200$			$\sigma_e = 1100$			$\sigma_e = 1000$			$\sigma_e = 900$			$\sigma_e = 800$			$\sigma_e = 700$			$\sigma_e = 600$		
a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N	a/N	H/N	1000 f <sub>e</sub> /N
0,087	0,175	0,10	0,083	0,166	0,12	0,078	0,156	0,14	0,073	0,147	0,17	0,069	0,138	0,21	0,064	0,128	0,27	0,058	0,116	0,32
0,100	182	0,15	0,095	173	0,17	0,089	162	0,20	0,084	152	0,24	0,079	143	0,28	0,073	132	0,35	0,065	119	0,42
0,114	190	0,20	0,108	180	0,23	0,102	169	0,26	0,095	158	0,30	0,089	148	0,36	0,082	137	0,44	0,074	123	0,52
0,128	197	0,25	0,121	187	0,28	0,111	175	0,32	0,107	164	0,37	0,099	153	0,43	0,092	141	0,52	0,083	127	0,62
0,144	205	0,30	0,136	194	0,34	0,127	182	0,38	0,119	170	0,44	0,110	158	0,51	0,102	146	0,61	0,092	131	0,72
0,159	212	0,35	0,151	201	0,39	0,141	188	0,44	0,132	176	0,50	0,122	163	0,58	0,112	150	0,70	0,101	135	0,82
0,176	220	0,40	0,166	208	0,45	0,156	195	0,50	0,146	182	0,57	0,134	168	0,66	0,123	154	0,78	0,110	138	0,92
0,193	227	0,45	0,183	215	0,50	0,171	201	0,56	0,159	187	0,64	0,147	173	0,73	0,135	159	0,87	0,121	142	1,02
0,212	235	0,50	0,200	222	0,46	0,187	208	0,62	0,174	193	0,70	0,160	178	0,81	0,144	163	0,95	0,131	146	1,12
0,230	242	0,55	0,217	229	0,61	0,203	214	0,68	0,189	199	0,77	0,174	183	0,88	0,160	168	1,03	0,143	150	1,22
0,250	250	0,60	0,235	235	0,66	0,220	220	0,74	0,205	205	0,84	0,189	189	0,96	0,172	172	1,11	0,154	154	1,32
0,270	0,257	0,65	0,254	0,242	0,71	0,235	0,226	0,79	0,220	0,210	0,91	0,204	0,194	1,03	0,185	0,176	1,20	0,165	0,157	1,42
0,292	265	0,70	0,274	249	0,77	0,256	233	0,85	0,238	216	0,97	0,219	199	1,11	0,199	181	1,28	0,177	161	1,52
0,313	272	0,75	0,294	256	0,82	0,275	239	0,91	0,255	222	1,04	0,234	204	1,18	0,213	185	1,37	0,190	165	1,62
0,336	280	0,80	0,316	263	0,88	0,296	246	0,97	0,274	228	1,10	0,251	209	1,26	0,228	190	1,45	0,203	169	1,72
0,358	287	0,85	0,338	270	0,93	0,315	252	1,03	0,292	233	1,17	0,268	214	1,33	0,242	194	1,54	0,215	172	1,82
0,384	295	0,90	0,360	277	0,98	0,337	259	1,09	0,310	239	1,24	0,285	219	1,41	0,258	198	1,63	0,228	176	1,92
0,408	302	0,95	0,384	284	1,04	0,358	265	1,15	0,331	245	1,30	0,302	224	1,48	0,274	203	1,71	0,243	180	2,02
0,434	310	1,00	0,407	291	1,09	0,380	272	1,21	0,351	251	1,37	0,320	229	1,56	0,290	207	1,80	0,258	184	2,12
0,461	318	1,05	0,432	298	1,15	0,403	278	1,27	0,372	257	1,43	0,340	234	1,63	0,306	211	1,88	0,272	188	2,22
0,489	326	1,10	0,457	305	1,20	0,426	284	1,33	0,393	262	1,50	0,360	240	1,71	0,324	216	1,97	0,290	193	2,32
0,516	0,333	1,15	0,484	0,312	1,25	0,449	0,290	1,38	0,404	0,267	1,57	0,380	0,245	1,78	0,343	0,221	2,05	0,305	0,197	2,42
0,546	341	1,20	0,511	319	1,31	0,475	297	1,44	0,437	273	1,63	0,400	250	1,86	0,360	225	2,14	0,322	201	2,52
0,575	349	1,25	0,538	326	1,36	0,498	302	1,50	0,460	279	1,70	0,421	255	1,93	0,380	230	2,23	0,338	205	2,62
0,607	357	1,30	0,567	333	1,42	0,525	309	1,56	0,485	285	1,77	0,442	260	2,01	0,398	234	2,31	0,355	209	2,72
0,637	364	1,35	0,595	340	1,47	0,551	315	1,62	0,509	291	1,83	0,463	265	2,08	0,417	238	2,40	0,370	212	2,82
0,670	372	1,40	0,624	347	1,53	0,580	322	1,68	0,533	296	1,90	0,488	271	2,16	0,437	243	2,48	0,388	216	2,92
0,702	379	1,45	0,656	354	1,58	0,607	328	1,74	0,558	302	1,96	0,511	276	2,23	0,457	247	2,57	0,407	220	3,02
0,735	387	1,50	0,687	361	1,64	0,636	335	1,80	0,585	308	2,03	0,534	281	2,31	0,477	251	2,66	0,426	224	3,12
0,771	395	1,55	0,718	368	1,69	0,665	341	1,86	0,613	314	2,10	0,557	286	2,38	0,499	256	2,75	0,444	228	3,22
0,806	403	1,60	0,750	375	1,75	0,694	347	1,92	0,640	320	2,17	0,584	292	2,47	0,520	260	2,84	0,462	231	3,32
0,842	0,410	1,65	0,785	0,382	1,80	0,725	0,353	1,98	0,668	0,325	2,24	0,610	0,297	2,55	0,542	0,264	2,93	0,480	0,234	3,42
0,879	418	1,70	0,817	389	1,86	0,756	360	2,03	0,695	331	2,30	0,633	302	2,62	0,562	268	3,01	0,500	238	3,52
0,915	426	1,75	0,853	396	1,91	0,787	366	2,09	0,725	337	2,37	0,660	307	2,70	0,587	273	3,10	0,520	242	3,62
0,955	433	1,80	0,889	403	1,97	0,821	373	2,15	0,754	343	2,43	0,687	312	2,77	0,609	277	3,18	0,541	246	3,72
0,992	441	1,85	0,923	410	2,02	0,855	379	2,21	0,783	348	2,50	0,714	317	2,85	0,633	281	3,27	0,562	250	3,82
1,030	448	1,90	0,959	417	2,08	0,888	386	2,27	0,814	354	2,56	0,740	322	2,92	0,658	286	3,35	0,584	254	3,92
1,072	457	1,95	0,998	424	2,13	0,909	391	2,33	0,847	360	2,63	0,769	327	3,00	0,684	291	3,44	0,606	258	4,02
1,115	465	2,00	1,034	431	2,19	0,954	397	2,39	0,876	365	2,69	0,796	332	3,07	0,708	295	3,53	0,629	262	4,12
1,159	473	2,05	1,074	438	2,24	0,990	404	2,45	0,910	371	2,76	0,826	337	3,15	0,735	300	3,61	0,652	266	4,22
1,202	481	2,10	1,111	445	2,29	1,025	410	2,51	0,942	377	2,83	0,857	343	3,22	0,760	304	3,70	0,675	270	4,32
1,264	0,488	2,15	1,152	0,452	2,35	1,060	0,416	2,56	0,975	0,382	2,90	0,887	0,348	3,30	0,785	0,308	3,78	0,699	0,274	4,42
1,290	496	2,20	1,194	459	2,40	1,100	423	2,62	1,009	388	2,96	0,918	353	3,37	0,814	313	3,87	0,723	278	4,52
1,336	504	2,25	1,235	466	2,46	1,138	429	2,68	1,044	394	3,03	0,949	358	3,45	0,840	317	3,96	0,745	281	4,62
1,380	511	2,30	1,279	473	2,50	1,177	436	2,74	1,080	400	3,10	0,980	363	3,52	0,867	321	4,05	0,770	285	4,72
1,426	519	2,35	1,320	480	2,56	1,214	442	2,80	1,112	405	3,16	1,012	368	3,60	0,897	326	4,14	0,795	289	4,82
1,476	527	2,40	1,362	487	2,62	1,259	449	2,86	1,150	411	3,23	1,044	373	3,67	0,924	330	4,23	0,820	293	4,92
1,525	535	2,45	1,409	494	2,67	1,297	455	2,92	1,188	417	3,30	1,077	378	3,75	0,952	334	4,32	0,845	297	5,02
1,572	542	2,50	1,452	501	2,73	1,340	462	2,98	1,229	423	3,36	1,111	383	3,82	0,980	338	4,40	0,873	301	5,12
1,622	550	2,55	1,500	508	2,78	1,380	468	3,04	1,262	429	3,43	1,145	388	3,90	1,012	343	4,49	0,897	304	5,22
1,674	558	2,61	1,545	516	2,84	1,416	473	3,10	1,305	436	3,50	1,182	394	3,98	1,044	348	4,58	0,924	308	5,33
1,726	0,566	2,66	1,595	0,523	2,89	1,461	0,479	3,15	1,348	0,442	3,56	1,217	0,399	4,05	1,077	0,353	4,67	0,951	0,312	5,43
1,780	574	2,71	1,634	530	2,95	1,504	485	3,21	1,389	448	3,63	1,252	404	4,13	1,107	357	4,76	0,980	316	5,53
1,833	582	2,76	1,691	537	3,00	1,54754														



IV.  $f_e' = 1,0 f_e$ ;  
 $\sigma_b = 40 \text{ kg/qcm}$

$\sigma_e = 1200$			$\sigma_e = 1100$			$\sigma_e = 1000$			$\sigma_e = 900$			$\sigma_e = 800$			$\sigma_e = 700$			$\sigma_e = 600$		
a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$	a/N	H/N	1000 $f_e/N$
0,085	0,171	0,10	0,081	0,162	0,12	0,075	0,151	0,14	0,071	0,142	0,17	0,065	0,131	0,19	0,061	0,121	0,24	0,054	0,109	0,33
0,097	176	0,15	0,092	166	0,17	0,084	155	0,20	0,080	145	0,23	0,074	134	0,26	0,068	123	0,32	0,061	110	0,42
0,109	182	0,20	0,102	171	0,23	0,093	159	0,26	0,090	149	0,30	0,082	137	0,33	0,075	125	0,40	0,066	110	0,51
0,122	187	0,25	0,114	176	0,28	0,105	163	0,32	0,099	152	0,36	0,091	140	0,41	0,082	126	0,49	0,072	111	0,60
0,135	193	0,30	0,127	181	0,34	0,117	167	0,37	0,109	156	0,43	0,100	142	0,48	0,090	128	0,57	0,078	112	0,69
0,148	198	0,34	0,139	186	0,39	0,129	172	0,43	0,119	159	0,49	0,109	145	0,55	0,098	130	0,65	0,084	112	0,78
0,163	204	0,39	0,153	191	0,44	0,141	176	0,49	0,130	162	0,56	0,118	148	0,63	0,105	131	0,74	0,091	113	0,87
0,178	209	0,44	0,166	196	0,50	0,153	180	0,55	0,141	166	0,62	0,128	151	0,70	0,113	133	0,82	0,097	114	0,96
0,194	215	0,49	0,181	201	0,55	0,166	184	0,61	0,152	169	0,69	0,138	153	0,78	0,121	135	0,91	0,102	114	1,05
0,209	220	0,54	0,196	206	0,61	0,180	188	0,67	0,164	173	0,75	0,148	156	0,85	0,129	136	0,99	0,109	115	1,14
0,226	226	0,59	0,211	211	0,66	0,193	193	0,72	0,176	176	0,82	0,158	158	0,93	0,138	138	1,08	0,115	115	1,24
0,244	0,232	0,64	0,226	0,215	0,71	0,207	0,197	0,77	0,188	0,179	0,88	0,169	0,161	1,00	0,147	0,140	1,16	0,121	0,116	1,33
0,262	238	0,69	0,242	220	0,77	0,221	201	0,83	0,201	183	0,95	0,180	164	1,07	0,156	142	1,24	0,129	117	1,42
0,280	243	0,74	0,259	225	0,82	0,236	205	0,89	0,214	186	1,01	0,193	167	1,15	0,164	143	1,33	0,135	117	1,51
0,298	249	0,79	0,276	230	0,88	0,251	209	0,95	0,228	190	1,08	0,203	169	1,22	0,174	145	1,41	0,142	118	1,60
0,317	255	0,84	0,294	235	0,93	0,268	214	1,01	0,241	193	1,14	0,215	172	1,29	0,184	147	1,49	0,148	118	1,69
0,338	260	0,89	0,312	240	0,98	0,284	218	1,07	0,255	196	1,21	0,228	175	1,37	0,192	148	1,58	0,155	119	1,79
0,359	266	0,94	0,331	245	1,04	0,300	222	1,13	0,270	200	1,27	0,240	178	1,44	0,202	150	1,66	0,161	119	1,88
0,381	272	0,99	0,350	250	1,09	0,316	226	1,19	0,284	203	1,34	0,252	180	1,52	0,213	152	1,74	0,168	120	1,97
0,403	277	1,03	0,370	255	1,14	0,335	230	1,25	0,301	207	1,40	0,266	183	1,59	0,222	153	1,83	0,174	120	2,06
0,425	283	1,08	0,390	260	1,20	0,353	235	1,31	0,315	210	1,47	0,277	185	1,67	0,233	155	1,91	0,181	121	2,16
0,448	0,288	1,13	0,409	0,264	1,25	0,370	0,239	1,36	0,330	0,213	1,53	0,292	0,188	1,74	0,244	0,157	1,99	0,188	0,121	2,25
0,471	294	1,18	0,431	269	1,30	0,388	243	1,42	0,346	216	1,60	0,306	191	1,81	0,254	159	2,07	0,195	122	2,34
0,494	299	1,23	0,452	274	1,35	0,408	247	1,48	0,363	220	1,66	0,318	193	1,89	0,264	160	2,16	0,203	123	2,43
0,518	305	1,28	0,474	279	1,41	0,427	251	1,54	0,380	223	1,73	0,333	196	1,96	0,276	162	2,24	0,209	123	2,52
0,543	310	1,33	0,497	284	1,46	0,447	256	1,60	0,398	227	1,79	0,348	199	2,03	0,287	164	2,32	0,217	124	2,61
0,569	316	1,38	0,521	289	1,51	0,468	260	1,66	0,414	230	1,86	0,362	201	2,11	0,299	166	2,41	0,223	124	2,71
0,595	321	1,43	0,544	294	1,56	0,488	264	1,72	0,433	234	1,92	0,378	204	2,18	0,309	167	2,49	0,232	125	2,80
0,622	327	1,47	0,568	299	1,62	0,508	268	1,78	0,451	237	1,99	0,392	206	2,25	0,321	169	2,58	0,238	125	2,89
0,649	332	1,52	0,592	304	1,67	0,531	272	1,84	0,470	241	2,06	0,408	209	2,33	0,333	171	2,66	0,246	126	2,98
0,676	338	1,57	0,618	309	1,73	0,554	277	1,90	0,490	245	2,13	0,422	211	2,40	0,346	173	2,75	0,254	127	3,07
0,704	0,343	1,62	0,642	0,313	1,78	0,586	0,281	1,95	0,508	0,248	2,19	0,439	0,214	2,47	0,359	0,175	2,83	0,260	0,127	3,16
0,733	349	1,67	0,667	318	1,83	0,598	285	2,01	0,529	252	2,27	0,453	216	2,54	0,370	176	2,91	0,269	128	3,25
0,762	354	1,72	0,694	323	1,89	0,621	289	2,07	0,548	255	2,33	0,471	219	2,62	0,383	178	3,00	0,275	128	3,34
0,792	360	1,77	0,721	328	1,94	0,644	293	2,15	0,570	259	2,40	0,488	222	2,69	0,396	180	3,08	0,284	129	3,43
0,822	365	1,81	0,750	333	1,99	0,668	297	2,19	0,589	262	2,46	0,504	224	2,76	0,410	182	3,16	0,293	130	3,52
0,853	371	1,86	0,777	338	2,04	0,692	301	2,25	0,610	265	2,53	0,522	227	2,84	0,422	183	3,25	0,299	130	3,61
0,884	376	1,91	0,806	343	2,10	0,717	305	2,31	0,632	269	2,59	0,541	230	2,91	0,435	185	3,33	0,308	131	3,71
0,916	382	1,96	0,836	348	2,15	0,742	309	2,37	0,654	272	2,66	0,557	232	2,99	0,448	187	3,42	0,314	131	3,80
0,950	388	2,01	0,865	353	2,20	0,768	313	2,43	0,676	276	2,73	0,576	235	3,06	0,463	189	3,50	0,324	132	3,89
0,985	394	2,06	0,895	358	2,26	0,795	318	2,49	0,700	280	2,78	0,592	237	3,14	0,475	190	3,58	0,333	133	3,98
1,020	0,400	2,11	0,924	0,362	2,31	0,821	0,322	2,54	0,722	0,283	2,84	0,612	0,240	3,21	0,490	0,192	3,66	0,340	0,133	4,07
1,055	406	2,16	0,954	367	2,36	0,848	326	2,60	0,746	287	2,91	0,632	243	3,28	0,504	194	3,74	0,348	134	4,16
1,091	412	2,22	0,986	372	2,42	0,875	330	2,66	0,769	290	2,97	0,649	245	3,36	0,517	195	3,83	0,358	135	4,25
1,127	418	2,27	1,018	377	2,47	0,902	334	2,72	0,794	294	3,04	0,670	248	3,43	0,532	197	3,91	0,364	135	4,34
1,165	423	2,32	1,051	382	2,52	0,931	339	2,78	0,817	297	3,10	0,690	251	3,50	0,547	199	3,99	0,374	136	4,43
1,203	429	2,37	1,084	387	2,58	0,960	343	2,84	0,840	300	3,17	0,711	254	3,58	0,563	201	4,08	0,384	137	4,53
1,241	435	2,42	1,117	392	2,63	0,989	347	2,90	0,866	304	3,23	0,730	256	3,65	0,576	202	4,16	0,394	138	4,62
1,280	441	2,48	1,151	397	2,69	1,018	351	2,96	0,890	307	3,30	0,751	259	3,73	0,592	204	4,25	0,400	138	4,71
1,319	447	2,53	1,186	402	2,74	1,049	355	3,03	0,917	311	3,37	0,773	262	3,80	0,608	206	4,33	0,410	139	4,80
1,359	453	2,58	1,221	407	2,80	1,080	360	3,08	0,942	314	3,44	0,792	264	3,88	0,624	208	4,42	0,420	140	4,90
1,400	0,459	2,63	1,254	0,411	2,85	1,110	0,364	3,14	0,967	0,317	3,50	0,814	0,267	3,95	0,638	0,209	4,50	0,427	0,140	4,99
1,441	465	2,68	1,290	416	2,91	1,141	368	3,20	0,995	321	3,57	0,837	270	4,02	0,654	211	4,58	0,437	141	5,08
1,484	471	2,73	1,326	421	2,96	1,														

Es ergeben sich in vorliegendem Falle beispielsweise folgende Querschnittsgrößen:

H/N

	IV $\mu = 1,0$	III $\mu = 0,5$	II $\mu = 0,25$	I $\mu = 0,0$
$\sigma_e = 1200$	0,352	0,390	0,410	0,424
1100	333	375	394	411
1000	310	360	380	400
900	287	342	366	387
800	259	325	351	376
700	222	302	334	363
600	—	282	315	351

$f_c/N$

	IV $\mu = 1,0$	III 0,5	II 0,25	I 0,0
$\sigma_e = 1200$	0,00170	0,00152	0,00146	0,00138
1100	199	175	165	156
1000	239	202	192	181
900	292	242	226	214
800	373	296	271	252
700	507	366	333	308
600	—	464	420	382

Es ist hiernach ein Kostenvergleich bei den jeweiligen Beton-, Eisen- und Schalungspreisen unschwer anzustellen.

Ist es notwendig, eine andere Betondruckspannung als 40 kg/qcm anzuwenden, so ist an der Last N ein Reduktionsfaktor anzubringen.

Sollten in dem durchgeführten Beispiel etwa nur  $\sigma_b = 35$  kg/qcm zugelassen sein, so wäre die Last N = 200 kg nur mit  $\frac{40}{35}$  zu multiplizieren,

ehe der Faktor  $\frac{a}{N}$  gebildet wird.

Der gefundene Querschnitt erhält dann bei der wirklichen Größe von N (200 kg) nur 35 kg/qcm Betondruckspannung.

Entsprechend ist bei  $\sigma_b = 50$  die Last N mit  $\frac{40}{50}$  zu multiplizieren, ehe die Tabellen benutzt werden.

Ist die Bewehrung gesucht und außer der Belastung die Trägerhöhe gegeben, so bildet man außer  $\frac{a}{N}$  den Quotienten  $\frac{H}{N}$  und sucht die Tabellen, in welchen die beiden Zahlenwerte als zusammengehörig auftreten. Man findet dann die zugehörige Eiseneinlage.

Ist diese gegeben und die Höhe gesucht, so ist außer  $\frac{a}{N}$  der Quotient  $\frac{f_c}{N}$  zu bilden und die Tabellen sind zu suchen, in denen diese beiden Werte als zusammengehörig auftreten.

Die Tabellen sind also anzuwenden, um die wirtschaftlichsten Querschnitte zu finden, sowie um, wenn Querschnittshöhe oder Querschnittsbewehrung (außer der Belastung) gegeben sind, die nicht gegebene Querschnittsgröße zu bestimmen.

Die Tabellen erstrecken sich nur auf Werte  $\frac{m}{H} \leq 3,5$  und die hierzugehörigen Werte  $\frac{a}{N}$ , versagen also in den immerhin häufig vorkommenden Fällen mit einer größeren relativen Exzentrizität und einem stark überwiegenden Biegemoment. Eine einfache Probe läßt aber erkennen, daß in Fällen, wo  $\frac{a}{N} > 3,5$ , das Biegemoment soweit überwiegt, daß man für die Dimensionierung genau genug arbeitet, wenn man den Einfluß der Normalkraft vernachlässigt und allein mit dem Biegemoment rechnet.

## LITERATURSCHAU.

Bearbeitet von Dr.-Ing. W. Kunze, Dresden.

### I. Der Baustoff.

Seine Herstellung, Bearbeitung und Eigenschaften. Baustoffuntersuchungen.

Dichter Beton. Von Dr.-Ing. Nitzsche. In den Entwicklungen von Rgbmstr. Hildebrand in Nr. 139 der Tonind.-Ztg. vermißt Verfasser die Beachtung der durch das Stampfen eintretenden Hohlraumverringerung, die sich schon beim trocknen Sande zeigen lasse. Der gleiche Mangel liegt selbstverständlich auch den Unnaschen Ableitungen, auf denen Hildebrand fußt, zu Grunde. Für Gußbeton dürfte die Reduktion der Hohlräume nicht nötig sein. Tonind.-Ztg. 1917 Nr. 151.

Einige Versuche mit Portlandzement-

Traßmörteln und mit Ersatzstoffen für Traß. Von Dr. phil. Calame, Wilhelmsbaven. Veröffentlichung einiger Versuchsreihen. Der Traß sei kein vollwertiger Ersatz für Portlandzement, da man aus den Versuchsergebnissen ersehe, daß Mörtel mit der gleichen Menge Bindemittel (einmal nur Portlandzement, das andere Mal Traß und Portlandzement) im ersten Falle i. a. größere Festigkeiten zeigten. Da aber allein durch ein Hinzufügen von Traß ( $\frac{1}{3}$  der Zementmenge zweckmäßig) eine Festigkeitssteigerung zweifellos erreicht wird, so kann man, wenn man auf diese Steigerung der Festigkeit verzichten will, weniger Bindemittel verwenden, also dadurch Zement sparen, daß Traß zugesetzt wird. In



diesem Sinne dürfte Traß ein qualitativ vollwertiger Ersatz des Zementes sein, wenngleich — wie die angeführten Versuche zeigen — die Gesamtmenge der Bindemittel bei Verwendung von Portlandzement und Traß etwas größer ist, als wenn man ersteren allein verwendet. D.B.-Ztg. 1918, Mitt. f. Zem. u. Beton Nr. 1 u. 2.

## II. Theorie.

Statik, Festigkeitslehre, Bemessungsverfahren.

Neues Verfahren zur Bestimmung von Flächen, statischen Momenten und Trägheitsmomenten mit besonderer Anwendung zur Bestimmung der Form und Stabilität von Schiffen. Von Dr.-Ing. H. Kulka, Oberingenieur, Hannover. Ein von den üblichen Verfahren durchaus abweichender, aber sehr erfolgreicher Gedankengang. Zentralblatt der Bauverw. 1917, Nr. 98 und 99.

Über den statischen Zusammenhang zwischen durchlaufenden Balken und Steifrahmen. Von k. k. Baukommissär Franz Brandler in Prag. Der Betonbau 1917, Nr. 10 u. 11.

Die Berechnung der Einflußlinien für die Stützmomente von durchlaufenden Balken auf 3, 4, 5 und mehr Stützen unter Berücksichtigung der Mohrschen Einmomentengleichung. Von Dr.-Ing. Kaufmann, Leipzig. Die Ableitung der Berechnungsweise wird vollständig und faßlich vorgeführt. Erläuterung durch ein Beispiel. Der Eisenbau 1918, Nr. 1.

Der zweiastige symmetrische Dreifeldträger. Von W. L. André. Der von Herzka im Eisenbau 1915, Nr. 2 und 1917, Nr. 6 sowie von Gustav Spiegel im Brückenbau 1917, Nr. 12 behandelte Gegenstand wird hier mit einer zeichnerischen Lösung zu erfassen gesucht. Hierbei wird das vom Verf. im „Brückenbau“ 1915 in den Nr. 5 und 13 veröffentlichte Verfahren der Belastungsanordnung, das einen sehr geschickten und erfolgreichen Kunstgriff darstellt, benutzt. Der Eisenbau 1918, Nr. 1.

Höhe und Bewehrung von Plattenbalken mit Rücksicht auf die Wirtschaftlichkeit. Von Zivil-Ing. A. Badian, Landst.-Lt.-Ing., Királyhida. In Ergänzung seiner Ausführungen in Heft 9/10 von Beton und Eisen 1916 gibt Verfasser hier eine kurze Formel für die wirtschaftliche Bewehrung von Plattenbalken, worin die Schalungskosten unberücksichtigt bleiben. Vergl. die Tabellen von Oberingenieur H. Hünecke in Arm. Beton 1917 Heft 2. — Der Artikel ist erschienen in Beton und Eisen 1918 Heft 1.

Die unmittelbare Dimensionierung von doppeltbewehrten rechteckigen Eisenbetonquerschnitten aus dem Moment der

Nutzlast unter Berücksichtigung des Eigengewichtes und unter Ausnutzung der höchsten zulässigen Beanspruchungen. Von Paul Grumblat, Ingenieur der A.-G. für Bauausführungen in Gleiwitz. D. B.-Ztg. 1917. Mitteilungen für Zement und Beton Nr. 23.

Vereinfachtes Rechenverfahren für die Bemessung der Eisenbetonkonstruktionen unter Berücksichtigung des Eigengewichtes. Tabellen von Ingenieur Herm. Hartmann, Düsseldorf. Berechnung von Platten und einfach bewehrten Plattenbalken, deren Nulllinie den Steg schneidet. Reduktionstabelle. Beton und Eisen 1917 Nr. 16.

Das lebende Bild als Anschauungsmittel für den Unterricht in der Statik. Von Dipl.-Ing. Kiehne, Diedenhofen. Vorschläge zur Belebung des statischen Erkennens durch lebende Bilder. Zeitschrift für Arch.- und Ingenieurwesen 1917 Heft 6.

## III. Versuche mit Eisenbeton.

Neuere amerikanische Versuche mit trägerlosen Decken. Von Dr.-techn. J. Polivka, Oberingenieur, Wien. In Heft 12/13, 16 und 17/18 von „Beton und Eisen“ werden die in der Überschrift genannten Versuche mit Pilzdecken eingehend besprochen und kritisiert. Die am Schlusse gegebenen Bemerkungen über die statische Berechnung solcher Decken gibt einen kurzen Überblick über die bisher eingeschlagenen Wege, dieser statisch verwickelten Deckenart rechnerisch beizukommen. Zahlreiche Literaturangaben.

Eisen in Mauerwerk und Mörtel. Von Geh. Regierungsrat Prof. Dr.-Ing. e. h. M. Gary. Ganz kurz gefaßte Wiedergabe der in Großlichterfelde auf diesem Gebiete gemachten, in dem Hefte B eingehender veröffentlichten Versuchserfahrungen. Tonindustrie-Ztg. 1918 Nr. 4.

## IV. Vorschriften und Leitsätze.

Deutsche Bestimmungen über die einheitliche Lieferung und Prüfung von Hochofenzement. Ein Erlaß des preussischen Ministers vom 22. November 1917 läßt Hochofenzement als gleichwertig mit Portlandzement betrachten, sofern er den Normen für Hochofenzement entspricht. In fünf Jahren ist die Frage erneut zu erörtern. D. B.-Ztg. 1917, Mitteilungen für Zement und Beton Nr. 24.

Erneute Besprechung dieser „Normen“. Diese entsprechen durchaus denen für Portlandzement. Abweichungen nur in der Begriffserklärung, den Vorschriften über die Lagerung und über die Mahlfeinheit, die hier bedeutend größer als bei Portlandzement sein soll. D. B.-Ztg. 1918 Nr. 2.

## V. Anwendungen und Ausführungen.

1. Allgemeines über Beton- und Eisenbetonbauweise, Fertigerzeugnisse. Neue Anwendungen. Bauunfälle.

Die Frage der Verwendbarkeit des Eisenbetons im industriellen Ofenbau. Die Zeitschrift „Metall und Erz“ hat, nach einer kurzen Besprechung in der Zeitschrift d. V. d. Ing. 1917 Nr. 51 diese wichtige Frage angeschnitten. Es werden besondere Ratschläge über die hierfür geeigneten Baustoffe und die Verarbeitungsweise gegeben. Die Zuschläge sollen möglichst porös sein. Vgl. auch D.-B.-Ztg. 1918. Mitteilungen für Zement und Beton Nr. 2.

## 2. Hochbau.

Der Um- und Aufbau des Verwaltungs-Gebäudes der Hansa-Lloydwerke A.-G., Bremen: Von R. und G. Schellenberger, Bremen. Ohne Unterbrechung der Benutzung des Kontorgebäudes ist ein weiteres Ober- und Dachgeschoß aufgesetzt worden. Die äußere Erscheinung des Gebäudes ist sehr verbessert worden. Beachtenswert sind die besonderen baulichen Maßregeln, die ergriffen worden sind, um den Unterbau zur Aufnahme der neu hinzutretenden Belastung zu befähigen. Beton und Eisen 1918 Heft 1.

Erzlaschen-Anlage der Ver. Hüttenwerke Burbach—Esch—Düderlingen, Werk Esch, Luxemburg. Beschreibung, Lichtbilder und Zeichnungen dieser umfangreichen Neuanlage. Die Eisenbetonarbeiten hat die Firma Züblin, Straßburg, ausgeführt, deren Verschlussklappenbauart auch hier angewendet worden ist. Der Betonbau 1918 Heft 1.

Heberleitung von 2 m Ø in Eisenbeton für die Ableitung der städtischen Abwässer im Haag. 2 km Länge der Leitung, Eisen zu teuer. Eisenbetonrohr mit 20 cm Wandstärke und 2,0 m l. W., luftdicht gemacht durch Einbetonieren eines Eisenblechzylinders von 1,5 m Blechstärke. Fig. zeigt die sorgfältig gedeckte Ausdehnungsfuge. De Ingenieur 1917 Nr. 15. Auszug hiervon D. B.-Ztg. 1917, Nr. 23.

Korkzerkleinerungs-Anlage mit aufgebautem Korksilo und Wasserbehälter für die Korksteinfabrik Grünzweig & Hartmann, Ludwigshafen a. Rh. Das Silo ist wegen Platzknappheit über den Verarbeitungsräumen errichtet. Diese Erstreckung des Gebäudes in die senkrechte wird durch das Vorhandensein eines Wasserbehälters über den Silos verstärkt, so daß ein turmartiger Block von 43 m Höhe entsteht. Hervorhebung verdient eine bei dem Bau zu Ver-

suchszwecken angewandte Bauweise: Man hat, um eine Schalldämpfung zu erzielen, Platte und Unterzug durch eine durchgehende Korkplattenschicht von 2 cm Stärke getrennt. Ob man dabei Unterzug und Platte noch als Plattenbalkenquerschnitt zu rechnen gewagt hat, ist nicht gesagt. D. B.-Ztg. 1918. Mitteilungen für Zement und Beton Nr. 1.

Der Kohlenbunker im städtischen Krankenhause Frankfurt a. Main. Das Silogebäude mißt 20 × 4,50 m im Grundriß, die Zellenhöhe beträgt 7,50 m. Die Silos weisen eine Eigenart in der Gestaltung des Grundverschlusses auf. Es ist nicht eine Hohlpyramide oder eine einfache Schrägläche, wie sonst gebildet worden, sondern der Boden wird durch ein hängendes Tonnengewölbe gebildet, dessen Achse mit der Stütze für Vollbelastung zusammenfällt. In diesem Falle nur achsialer Zug. Schalung nur außen verwendet. Über die statische Berechnung werden kurze aber ausreichende Angaben gemacht. D. B.-Ztg. 1917. Mitteilungen für Zement und Beton Nr. 23.

Der Warenhausneubau „Sächs. Engros-lager“ in Graudenz. (Stockwerksrahmengerippe). Von Dr.-Ing. Dr. sec. nat. V. Lewe, Bromberg. Anwendungsbeispiel des Verf., die Behandlung mehrstieliger Rahmen nach dem Verfahren des Zahlenrechteckes (Arm. Beton 1917). Die Deckenunterzüge mußten aus besonderen Gründen sehr niedrig sein, daher hat Verfasser eine Berechnung und Ausbildung der Unterzüge mit den Säulen als Rahmen empfohlen. Die Momente der Balken haben sich auf diese Weise um bis 30 v. H. geringer als bei durchlaufenden Balken ergeben. Diese Miteinrechnung der Säulen in den statischen Zusammenhang scheint wirtschaftlich sehr vorteilhaft zu sein, da dem Minderaufwand in den Balken nur ein geringer Mehraufwand für gute Eckenausbildung und eventuelle Säulenverstärkung gegenübersteht. Arm. Beton 1918 Heft 1.

Eiskeller. Über die zweckmäßigste Form und über die bauliche Ausgestaltung von Eiskellern erscheint in Beton und Eisen 1918 Heft 1 ein Artikel von Geh. Baurat Wilcke, Zoppot.

## VI. Sonstiges.

Mängelrüge im Zementgeschäft. Der in Nr. 126 d. Tonind.-Ztg. 1917 veröffentlichten Reichsgerichtsentscheidung wird vom fachmännischen Standpunkte aus widersprochen. Tonind.-Ztg. 1917. Heft 147. Weitere Erörterungen ebenda 1918. Nr. 3.

*Den Verfassern größerer Originalbeiträge stehen je nach deren Umfang bis zu 10 Exemplaren des betr. vollständigen Heftes kostenfrei zur Verfügung, wenn bei Einsendung des Manuskriptes ein entsprechender Wunsch mitgeteilt wird. Sonderabdrücke werden nur bei rechtzeitiger Bestellung und gegen Erstattung der Kosten geliefert.*